

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE MEMORIA

ÍNDICE general	1
ÍNDICE MEMORIA	1
Resum.....	7
Resumen	7
Abstract	7
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....	8
Capítulo 2: HISTORIA	9
Capítulo 3: DETERGENTES	10
3.1. Clasificación de los tensioactivos	10
3.1.1. Tensioactivos aniónicos	10
3.1.2. Tensioactivos catiónicos	13
3.1.3. Tensioactivos anfóteros	14
3.1.4. Tensioactivos no iónicos	14
3.2. Capacidad deterativa	14
3.3. Constitución de los detergentes.....	16
3.3.1. Coadyuvantes	17
3.3.2. Aditivos.....	20
3.3.3. Auxiliares de presentación	23
3.3.4. Formulación	24
3.4. Aplicaciones.....	25
Capítulo 4: PROCESO DE FABRICACIÓN DE DETERGENTE EN POLVO ..	27
4.1. Descripción global.....	28
4.1.1. Resumen del proceso	28
4.1.2. Reacciones	28
4.2. Entradas al proceso	29
4.2.1. Materias primas.....	29

4.2.2.	Insumos.....	31
4.2.3.	Recursos naturales	31
4.3.	Etapas del proceso.....	31
4.3.1.	Pre-adición	32
4.3.2.	Torre de secado	34
4.3.3.	Post-adición	35
4.4.	Generadores	36
4.5.	Envasado.....	37
4.6.	Diagrama de flujo	38
4.7.	Automatización	38
Capítulo 5: BIBLIOGRAFÍA		39
5.1.	Libros de consulta.....	39
5.2.	Páginas Web	39

ÍNDICE PRESUPUESTO

Índice presupuesto.....	1
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....	2
Capítulo 2: COSTES FIJOS.....	3
2.1. Nave industrial.....	3
2.2. Maquinaria.....	4
2.2.1. Maquinaria línea de fabricación	4
2.2.2. Maquinaria línea envasado.....	5
2.2.3. Automatización	5
2.2.4. Total importe maquinaria	5
2.3. Personal	6
2.4. Total de costes fijos	6
Capítulo 3: COSTES VARIABLES	7
3.1. Materias primas.....	7
3.1.1. Para la fabricación	7
3.1.2. Para el envasado	8
3.1.3. Total precio de materias primas	8
3.2. Total de costes variables	8
Capítulo 4: INGRESOS	10

4.1.	Detergente en polvo	10
4.2.	Ácido sulfúrico al 76%.....	11
4.3.	Total ingresos	11
Capítulo 5: RENTABILIDAD ECONÓMICA		12
5.1.	Amortizaciones.....	12
5.2.	Balance económico	12

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

Índice pliego de condiciones.....	1
Capítulo 1: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	2
1.1. Objeto.....	2
1.2. Disposiciones legales	2
1.3. Condiciones facultativas legales.....	3
1.4. Seguridad del trabajo.....	3
1.5. Seguridad pública	4
Capítulo 2: PLIEGOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	5
2.1. Especificaciones de materiales y equipos.....	5
2.2. Especificaciones de ejecución	7
Capítulo 3: PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS	8

ÍNDICE ANEXOS

Índice anexos	1
Capítulo 1: RIESGOS QUÍMICOS	4
1.1. Toxicidad de los agentes tensoactivos	5
Capítulo 2: PROTECCIÓN Y SEGURIDAD.....	6
2.1. Compatibilidad materias primas con los equipos de trabajo.....	6
2.2. Incompatibilidad entre reactivos.....	10
2.2.1. Incompatibilidad entre reactivos.....	10
2.3. Ley de prevención de riesgos laborales.....	13
2.3.1. Evitar los riesgos	13
2.3.2. Equipos de protección colectiva	14

2.3.3.	Equipos de protección individual (EPI).....	16
2.4.	Normativa interna.....	16
2.5.	Emergencias	17
Capítulo 3: MEDIO AMBIENTE.....		18
3.1.	Contaminación a causa de los detergentes.....	18
3.2.	Biodegradabilidad	19
3.3.	Tripolifosfato de sodio	21
3.3.1.	Eutrofización.....	21
3.3.2.	Hidrólisis del TPP	21
3.3.3.	Consistencia de las pastas de detergentes que contienen TPP ...	22
3.4.	Legislación.....	23
Capítulo 4: PROYECTO DE FIN DE CARRERA I		24
4.1.	Problema	24
4.2.	Detergentes y jabones	24
4.2.1.	¿Qué es un jabón?.....	24
4.2.2.	¿Qué es un detergente?	26
4.3.	Antecedentes	28
4.4.	Enfoque.....	29
4.5.	Requirimientos de diseño a tratar	29
4.5.1.	Composición	30
4.5.2.	Materias primas.....	30
4.5.3.	Proceso	31
4.5.4.	Medio ambiente.....	31
4.5.5.	Almacenaje.....	31
4.6.	Análisis de requerimientos de diseño.....	31
4.6.1.	Composición	31
4.6.2.	Materias primas.....	35
4.6.3.	Proceso	36
4.6.4.	Medio ambiente.....	37
4.6.5.	Almacenaje.....	38
4.7.	Soluciones tecnológicas.....	38
4.7.1.	Composición	38
4.7.2.	Materias primas.....	39
4.7.3.	Proceso	39
4.7.4.	Medio ambiente.....	39
4.7.5.	Almacenaje.....	39

4.8.	Área y emplazamiento de la planta	40
4.8.1.	Empaque.....	40
4.8.2.	Ocupación de material.....	40
4.8.3.	Área planta.....	41
4.8.4.	Emplazamiento	41
4.9.	Planificación PFCII	44
4.9.1.	Etapas de de desarrollo PFCII	44
4.9.2.	Diagrama de Gantt	44
4.10.	Presupuesto PFCI	46
Capítulo 5: AUXILIAR CÁLCULO		47
5.1.	Fomulario	47
5.1.1.	Balance macroscópico de materia	47
5.1.2.	Balance de macroscópico de energía	48
5.1.3.	Intercambiador de calor	48
5.1.4.	Transporte de fluidos	49
5.2.	Tablas auxiliares de cálculo.....	51
Capítulo 6: CÁLCULOS DEL PROCESO		54
6.1.	Introducción	54
6.2.	Caudal másico, energía, área del intercambiador	54
6.2.1.	Balance de materia y de energía del reactor 1.....	54
6.2.2.	Balance de materia del mezclador de dilución	59
6.2.3.	Balance de materia del separador.....	61
6.2.4.	Balance de materia y de energía del reactor 2.....	61
6.2.5.	Balance de materia y de energía de la torre de atomización	68
6.2.6.	Balance de materia de la reacción de combustión	69
6.3.	Dimensionado de la torre de secado.....	72
6.3.1.	Diámetro d del secadero.....	72
6.3.2.	Altura de L del secado	72
6.3.3.	Balance de materia del mezclador 2.....	73
Capítulo 7: SIMULACIÓN		74
Capítulo 8: FICHAS TÉCNICAS		75

ÍNDICE PLANOS

Índice PLANOS	1
PLANO 1-5: UBICACIÓN FÁBRICA.....	2
PLANO 2-5: SITUACIÓN FÁBRICA.....	3
PLANO 3-5: PLANTA GENERAL	4
PLANO 4-5: DETALLE DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	5
PLANO 5-5: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.....	6

RESUM

Este proyecto consiste en dimensionar una planta para la fabricación de Detergente en polvo para lavado de ropa. El tensioactivo por excelencia para el lavado de ropa es el dodecilmecenosulfonato sódico, por lo tanto, se obtendrá y se preparará una fórmula de detergente.

Además, se realiza un estudio de la acción negativa de los detergentes en el medio ambiente, protección y seguridad en la fábrica, una simulación de los cálculos, un diseño detallado y general de la planta, un pliego de condiciones y un presupuesto para conseguir una producción rentable.

RESUMEN

Aquest projecte consisteix en dimensionar una planta que fabrica detergent en pols pel rentat de la roba. El tensioactiu per excel·lència pel rentat de la roba és el dodecilmecenosulfonat sòdic, per tant, s'obtindrà i es preparà una fórmula de detergent.

A més a més, es realitza un estudi de l'acció negativa del detergents en el medi ambient, protecció i seguretat en la fàbrica, una simulació dels càlculs, un diseny detallat i general de la planta, un plec de condicions i un pressupost per aconseguir una producció rentable.

ABSTRACT

This project consists of sizing a plant to manufacture powder detergent for washing clothes. The surfactant the best for washing clothes is sodium dodecylbenzenesulfonate, therefore, is obtained and prepared detergent formula.

In addition, a study of the negative action of detergents on the environment, safety and security at the factory, a simulation of the calculations, a detailed design and general plant, a specification and a budget to achieve profitable production.

CAPÍTULO 1:

INTRODUCCIÓN

La producción es de 10 toneladas la hora, cantidad que fue estimada de otros proyectos de esta aplicación para que fuese una planta de categoría mediana-pequeña, es decir, una planta piloto. Se tomará la cantidad de 10 toneladas la hora como dato para el dimensionamiento de las máquinas y equipos que se seleccionarán para tal efecto.

Para elaborar el detergente en polvo, primero se realizará un estudio de los componentes del detergente para conseguir una fórmula de detergente que sea efectiva, luego se obtendrá el tensioactivo aniónico, dodecilsulfonato de sodio, para el lavado de la ropa mediante la sulfonación del óleum y después la neutralización con sosa cáustica. El siguiente paso es adicionar los insumos (no termolábiles) y llevar el producto a una torre de atomización (para secar el producto para transformarlo en polvo) finalmente, adicionar otros insumos (termolábiles).

Se comercializará un detergente con partículas entre 0,5 y 1 micras y el envase será de 2kg.

Esto lo llevarán a cabo un total de 18 trabajadores diarios, suma de los trabajadores de oficinas y fabricación, personal suficiente para una planta mediana-pequeña automatizadas. Habrá dos turnos para los trabajadores de oficinas y tres turnos para los trabajadores de fabricación. Todos los trabajadores tienen una jornada laboral de 8 horas diarias de lunes a viernes. Excepeto el viernes que habrá un ciclo menos porque hay que limpiar las máquinas. Por lo tanto, se preve unos 215 días laborales para el 2011.

La nave está situada en "Pol Ind Pla de Palou C / Palautordera, 24 Granollers (Barcelona)", que se puede acceder por autopista A-7 y autovía C-17 a Barcelona y autovía C-60 a Mataró y Badalona. Tiene 6000m² de terreno y 4000m² construidos. En la primera planta, se realizará la fabricación de detergente en polvo y en la planta de arriba están las oficinas, panel de control y laboratorio.

CAPÍTULO 2: HISTORIA

La historia del jabón y del detergente se puede resumir en los siguientes puntos:

- Los sumerios, en 2800 años a.C. ya fabricaban el jabón. Hervían diversos álcalis juntos y utilizaban su residuo para lavarse.
- Los egipcios ya utilizaban un producto jabonoso que consistía en una mezcla de agua, aceite y ceras vegetales o animales, fórmula que fue utilizada también por los griegos y los romanos.
- En 1790, Nicolás Leblanc médico y químico francés desarrolló el proceso de fabricación del jabón.
- En 1861, Ernest Solvay redescubrió y mejoró el proceso de fabricación de del jabón basándose en la sal común, piedra caliza y amoníaco.

La competición entre los dos procesos anteriores duró años, pero la simplicidad, los costes de operación reducidos y sobretodo el reducido impacto ambiental del proceso Solvay, aseguró su éxito.

- En 1930, disminuyó el precio de jabón y aparecieron las primeras lavadoras provocando unos hábitos de higiene en la población que coincidió con el descubrimiento de los tensoactivos sintéticos.

Los primeros detergentes fueron los alquilbencenosulfonatos, que no pueden ser degradados por las bacterias porque son cadenas ramificadas.

- En 1965, aparecieron los detergentes alcanosulfonatos lineales. Estos nuevos detergentes si podían ser metabolizados por las bacterias ya que son compuestos de cadena saturadas.
- En 1916, se pone a la venta en Alemania el primer detergente químico, Nelka. No era muy eficaz pero fue el origen de una investigación de los detergentes.
- En 1990, aparecen las primeras lavadoras automáticas y los detergentes compactos, más concentrados, eficaces y con menor impacto ambiental.

CAPÍTULO 3:

DETERGENTES

En este capítulo se explica los diferentes tensioactivos que existen, la composición de los detergentes, cómo se consigue lavar los objetos, las propiedades físicas y químicas del LAS, y las aplicaciones de los detergentes y del LAS.

3.1. Clasificación de los tensioactivos

El tensioactivo típico es una molécula antipática, es decir, tiene dos partes bien distintas: una hidrófila (extremidad polar que interacciona fuertemente con las moléculas de agua), y otra hidrófoba (cadena apolar de hidrocarburo que interacciona débilmente con las moléculas de agua).

Esta cadena alquílica (parte hidrófoba) tiene entre 12 y 20 átomos de carbono, pudiendo ser hidrogenada o fluorada, lineal o ramificada, teniendo o no doble enlace. Los grupos hidrófilos, pueden diferir bastante en su naturaleza química, pudiendo ser no iónicos, catiónicos, aniónicos o anfóteros.

3.1.1. *Tensioactivos aniónicos*

El tensioactivo aniónico es aquél que tiene un extremo polar con carga negativa. El catión normalmente es amonio, potasio o sodio que ejerce una escasa influencia sobre las propiedades superficiales de estas sustancias. Antiguamente, el tensioactivo principal con grupo polar negativo era un grupo carboxilato que se encuentra presente en los jabones que se sintetizaban a partir de sebo de animales, pero hoy en día, el grupo polar negativo suele ser un grupo sulfato o sulfonato, como en el caso del LAS. Dentro de los tensioactivos aniónicos se puede encontrar: jabones, sulfonatos de alquilbenceno lineal (LAS), alcoholes etoxisulfatos (AES) y alcoholes sulfatos (AS). A continuación, se muestran algunos tensioactivos aniónicos.

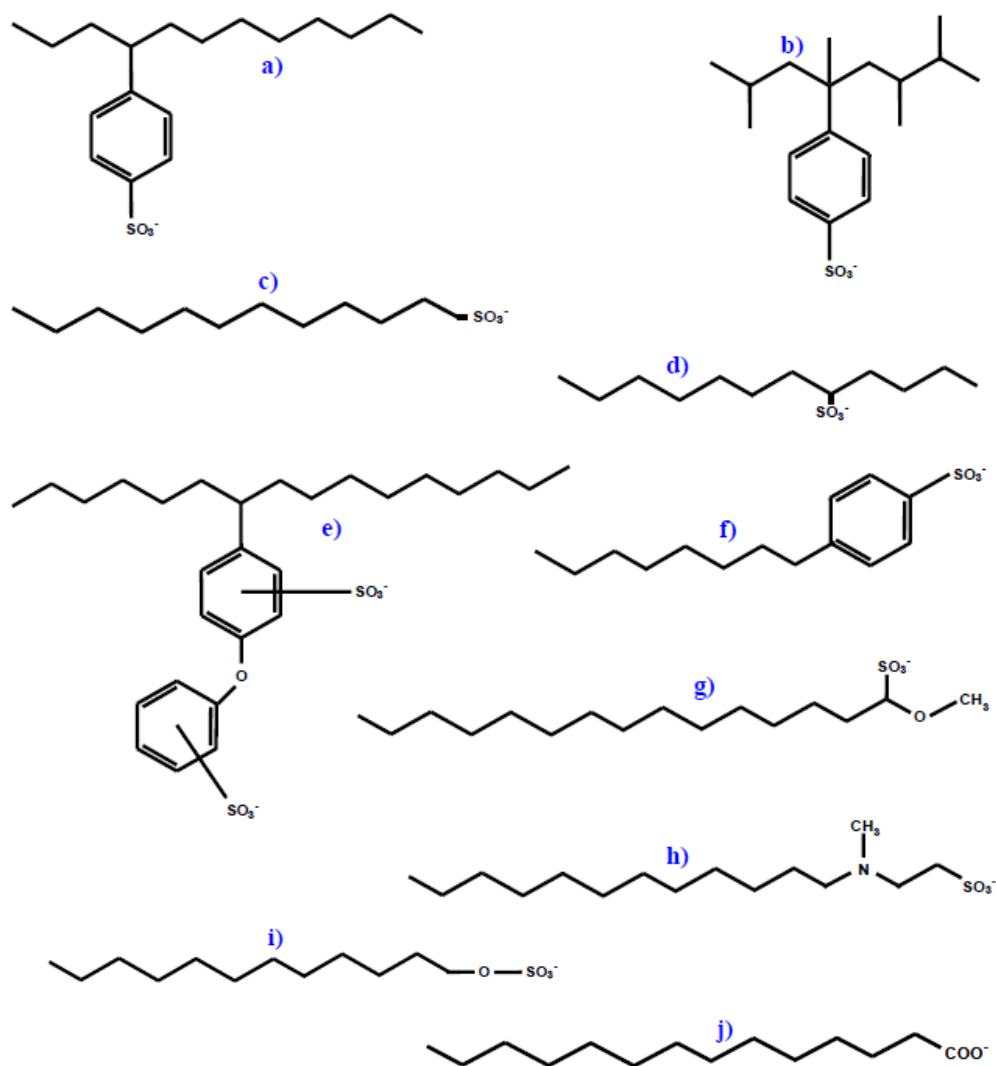


Figura 3.1. Diferentes tipos de tensioactivos aniónicos.

Donde:

- a) Sulfonato de alquilbenceno lineal (LAS).
- b) Sulfonato de alquibenceno ramificado.
- c) Sulfonato de 1-n-alkilo.
- d) Sulfonato de alquilo secundario.
- e) Difeniléterdisulfonato de hexadecano lineal.
- f) Sulfonato de 4-(1-n-octil)-benceno.
- g) Sulfonato de metiléster.
- h) Taurato de alquilmetil.
- i) Sulfato de n-alkilo.
- j) Carboxilato de alquilo (jabón).

Los jabones usados tradicionalmente tienen una serie de ventajas:

- Son muy biodegradables cuando se encuentra en disolución.
- Poseen cierta acción bactericida.
- No necesitan la adición de agentes que mantengan la suciedad en suspensión.

Los inconvenientes de los jabones son:

- Forman compuestos insolubles con las sales de calcio y magnesio debidas a la dureza del agua, lo que dificulta la acción detergente, provocando incrustaciones e impidiendo su biodegradabilidad.

Entre los tensioactivos aniónicos, el sulfonato de alquilbenceno lineal es el más utilizado. Hace unos 10 años aproximadamente que las industrias petroquímicas pueden sintetizar el LAS. Su comportamiento tensioactivo se debe a su carácter anfipático, es decir, a la diferente solubilidad que poseen las dos partes: la parte hidrófila que es un grupo sulfónico polar ($-\text{SO}_3^-$) unido al benceno en posición "para" (1,3). La parte hidrófoba es una cadena alquílica lineal de la longitud variable y se une al benceno en diferentes posiciones.

Los tensioactivos aniónico se usan a nivel doméstico. El tensioactivo aniónico más eficaz para lavar ropa con detergente en polvo es LAS. Las ventajas del LAS son:

- Excelentes propiedades como tensioactivo.
- Buen comportamiento ambiental, ya que su biodegradabilidad muy alta biodegradabilidad y muy baja toxicidad.
- Compatibilidad con todo tipo de fórmulas e ingredientes.
- Muy baja relación coste/rendimiento.
- Facilidad de procesado.
- Estabilidad del producto sulfonado y neutralizado sin alterar el pH con el tiempo.
- Fácil transporte, manipulación y almacenaje, ya que su forma ácida (HLAS) es químicamente estable, lo que no ocurre con otros tensioactivos como los AS o AES.

Por estos motivos y por las siguientes propiedades físicas y químicas la base de nuestro detergente será el LAS.

Las propiedades físicas y químicas del LAS son:

- Peso molecular: 348 g/mol.
- Presión de vapor a 25°C: Este valor varía entre $(3 \text{ y } 7) \cdot 10^{-13}$ Pa.
- Punto de fusión: La mezcla comercial funde a 277°C.

- Punto de ebullición: 637°C.
- Densidad: 1,229 kg/m³
- Viscosidad: El valor de este parámetro es similar para todos los ácidos sulfónicos que componen el LAS, oscilando sobre los 1000 centipoises a 25°C.
- Solubilidad en agua: 250 g/l. Esta propiedad varía dependiendo de la longitud de la cadena alquílica y del proceso de fabricación. A medida que aumenta la longitud de la cadena de carbono unida al anillo bencénico disminuye la solubilidad en agua.

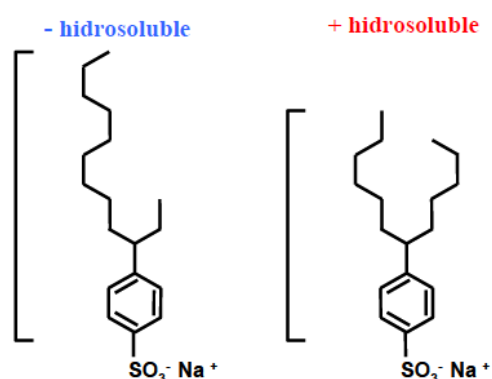


Figura 3.2. Comparación de la solubilidad del LAS

- Concentración micelar crítica (CMC): Esta es una propiedad característica de sustancias con carácter antipático como es el caso de LAS. Cuando el LAS se encuentra en disolución, los extremos lipofílicos se agrupan entre sí, al igual que los grupos hidrofílicos, formándose a una determinada concentración un conglomerado de estructura definida denominada micela. La formación de micelas proporcionan un alto poder solubilizante de sustancias insolubles en fase acuosa.

3.1.2. Tensioactivos catiónicos

Están constituidos por un extremo polar hidrófilo cargado positivamente, habitualmente una sal de amonio cuaternaria, amina o sal de fosfonio, unida a uno extremo hidrofóbico que puede tener diferente naturaleza. Se usa como suavizante, antibactericidas, inhibidor de la corrosión. Ejemplos de los catiónicos:

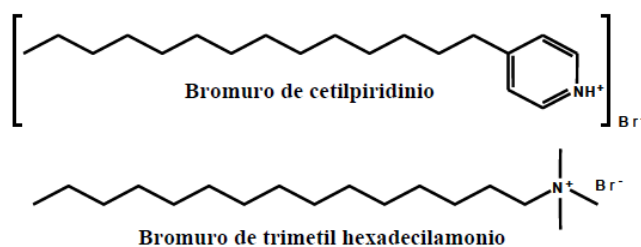


Figura 3.3. Tensioactivo catiónico

3.1.3. Tensioactivos anfóteros

Poseen grupos funcionales que pueden ionizarse con carga negativa o positiva dependiendo de las condiciones del medio, por tanto pueden actuar como tensioactivo aniónicos o catiónicos. Se clasifican en anfólitos o betainas.

- Anfólitos: son compuestos que poseen al menos un protón activo.
- Betainas: no poseen protones hidrolizables, adquieren naturaleza catiónica en medios fuertemente ácidos.

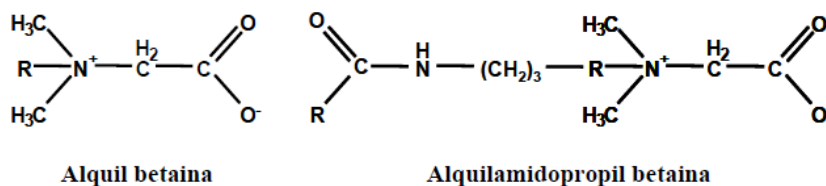


Figura 3.4. Ejemplo de betaina

Se usan para champús y cremas para la piel.

3.1.4. Tensioactivos no iónicos

Son sustancias que no están ionizadas en disolución. Los más conocidos son los alcoholes grasos polietoxilados, alquil fenoles polietoxilados y ácidos grasos polietoxilados.

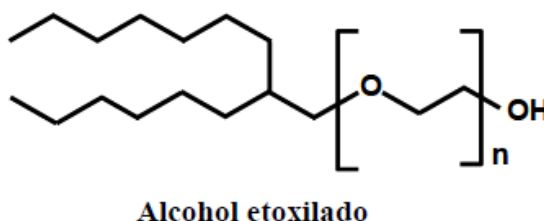


Figura 3.5. Alcohol etoxilato

3.2. Capacidad detergente

Si se añade un tensioactivo a una disolución acuosa, el tensioactivo romperá la tensión superficial del agua, provocando la entrada del tensioactivo y del aire en el seno del agua, ya que la función de los tensioactivos es romper la barrera de la tensión superficial.

Primero se explica el fenómeno del tensioactivo con la solución acuosa, que es el proceso de lavado de cualquier objeto y luego el aire con la solución acuosa.

El surfactante en solución acuosa interacciona por un extremo con la parte no soluble del surfactante que interacciona con la suciedad adherida al tejido o

suspendida en el agua, rodeándola para reducir las fuerzas atractivas de Van der Waals propias de los hidrocarburos y el otro extremo que es soluble en agua, se orienta de tal forma que pueda ser solvatada por el agua o bien formar pares iónicos con un catión. Finalmente, el tensioactivo se une con una afinidad más elevada a la suciedad que la suciedad al objeto, ocasionando la liberación y eliminación de la suciedad.

A continuación, se muestra un esquema del proceso de lavado con los tensioactivos.

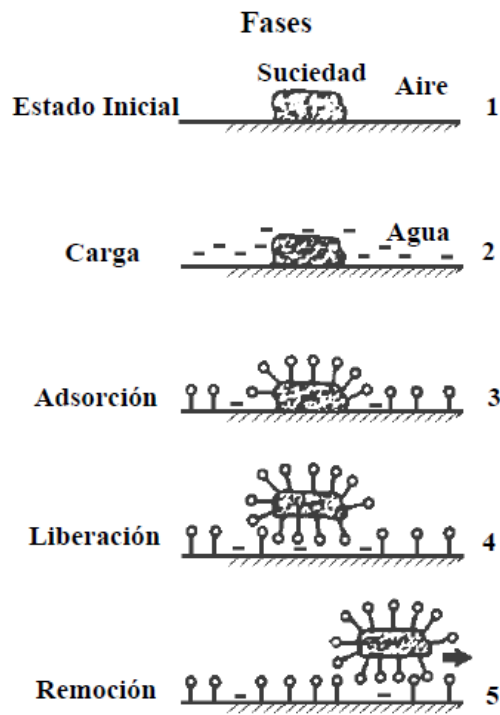


Figura 3.6. Proceso detergente

Si la solución acuosa está a una temperatura, pH y concentración de tensioactivos determinados, se favorece la formación de micelas, es decir, una estructura esférica del tensioactivo, alrededor de la suciedad.

A la izquierda de la siguiente figura se observa una micela y a la derecha un tensioactivo con los extremos bien diferenciados, hidrófilo y hidrófobo.

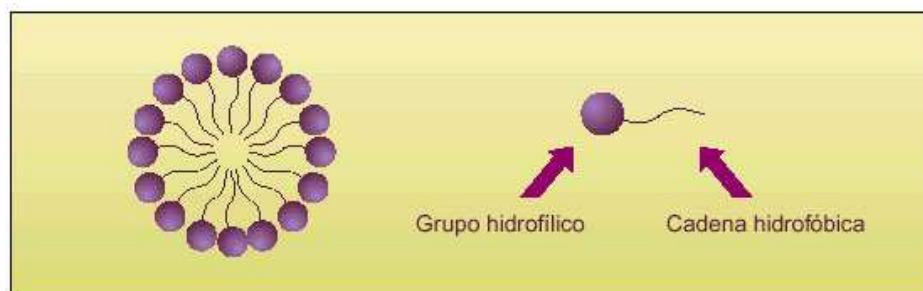


Figura 3.7. Estructura de un tensioactivo

El otro fenómeno que se produce por la ruptura de la capa de la solución acuosa, es la formación de las burbujas y/o espuma. Esta formación se consigue con la mezcla de agua y aire.

3.3. Constitución de los detergentes

La formulación comercial de productos de limpieza, tanto líquidas como sólidas, están constituidas generalmente por una mezcla de uno o varios tensioactivos que actúan mejorando la acción detergente y una serie de componentes complementarios: los aditivos, los coadyuvantes y los auxiliares de presentación (como los blanqueantes, enzimas, etc.), que conforman un producto no sólo con mejores características de limpieza sino con mayor seguridad tanto para el consumidor, como para los equipos y el medio ambiente. Como un detergente esta compuesto de varios componentes esto proporciona un efecto sinérgico aumentado el poder detergente.

Los detergentes de hoy en día, tanto líquido como en polvo, contienen entre un 5 y un 20% en peso de tensioactivos. De esta manera, una concentración de detergente doméstico de 5 g/l, originará una agua de lavado con 1 gramo de tensioactivo por cada litro, es decir, un 0,1% en peso.

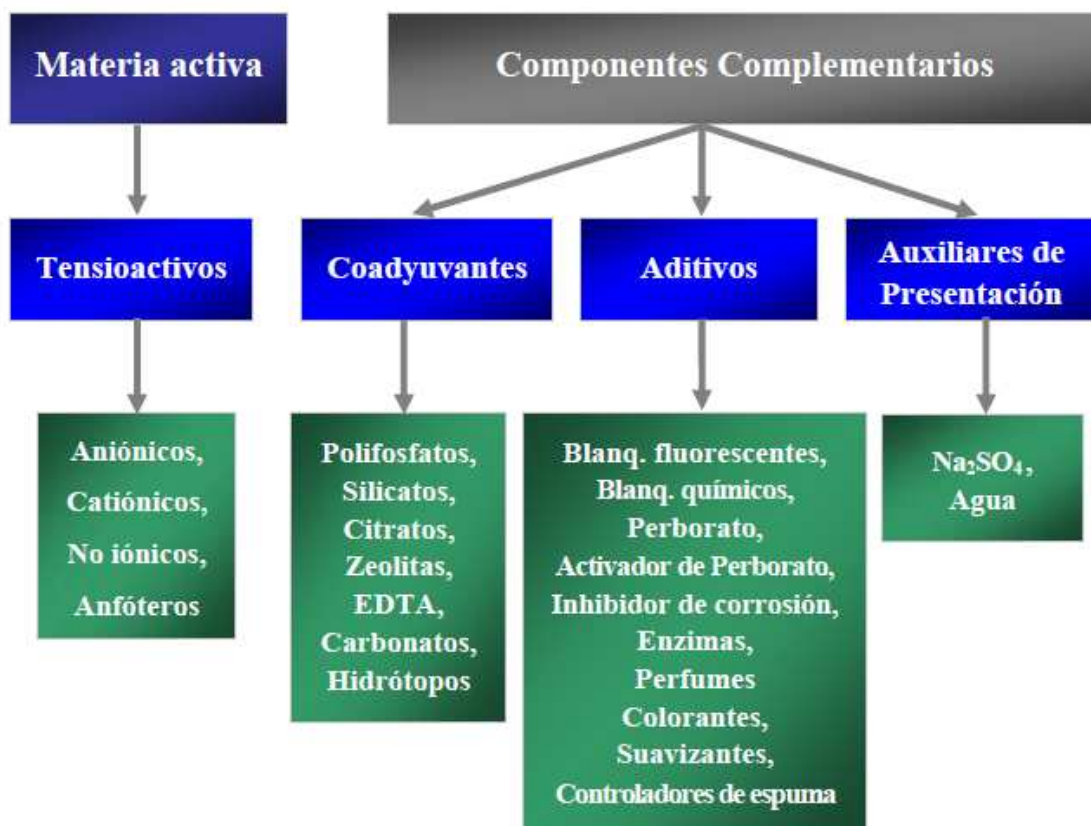


Figura 3.8. Componentes de un detergente

Como en el apartado 3.1 se ha explicado la clasificación de los tensioactivos, ahora, se explicará los componentes complementarios que se clasifican en coadyuvantes, aditivos y auxiliares de presentación.

3.3.1. Coadyuvantes

Los coadyuvantes también se pueden denominar builders o constructores. Los constructores dan soporte a los surfactantes secuestrando las partículas que dan dureza al agua (magnesio y calcio) para evitar la interacción de estos iones con los surfactantes. La eliminación de las manchas se hace mediante la quelación (solubles), precipitación (insolubles) o intercambio iónico (insolubles).

Se destacan los siguientes constructores:

1. Ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Son sustancias que atrapan las partículas metálicas en las manchas en medio acuoso, evitando que éstas se depositen sobre la tela, por lo tanto, elimina las manchas mediante quelación.

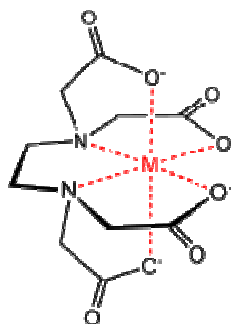


Figura 3.9. Ácido etilendiaminotetraacético

2. Tripolifostatos de sodio. La fórmula de este coadyuvante es $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ que se utiliza en lavandería y lavaplatos. Sus características son:
 - Ablandan el agua por precipitación de los iones que causan la dureza del agua con lo que permiten lavar en aguas duras. Asimismo, saponifica los ácidos grasos que han podido quedar libres, disolviéndolos en el medio acuoso.
 - Actúa como emulsionante de la grasa y dispersante de las partículas sólidas de la suciedad impidiendo que se redepositen.
 - Mantiene la alcalinidad del medio.
 - Neutraliza la suciedad ácida.
 - Ejerce un comportamiento sinérgico con los tensioactivos para lavar mejor.
 - No nocivos.
 - Pueden eliminarse en plantas depuradoras.
 - Eficacia muy alta.
 - Soluble.

Los inconvenientes son:

- Tanto ellos como los productos resultantes de su hidrólisis contienen fósforo, interviene negativamente en el proceso de la eutrofización de lagos y embalses y en la permeabilidad del suelo, ya que el fósforo son nutrientes para los vegetales (para más información ver anexo de medio ambiente).

Los sustitutos de este coadyuvante son: carbonato de sodio, silicatos, zeolitas, sales sódicas de ácidos hidrocarboxílicos.

3. Carbonatos de sodio. Su fórmula es Na_2CO_3 .

Las ventajas son:

- Son muy baratos
- Ablandan el agua por precipitación.
- Aportan alcalinidad al medio
- Son buffers

Las desventajas son:

- Los precipitados pueden incrustarse en los tejidos y sobre alguna parte de la lavadora.
- Alto poder corrosivo

4. Silicatos de sodio. El silicato de sodio es Na_2SiO_3 .

- Son solubles
- Ablanda el agua formando precipitados que se enjugan fácilmente
- Inhiben la redeposición de las partículas indeseadas en los tejidos lavados.
- Son anticorrosivos, dificultan la oxidación del acero inoxidable o del aluminio.
- Son disoluciones tampones o reguladores o buffers, es decir, mantienen el pH adecuado durante todo el lavado, proporcionando las condiciones de trabajo óptimas para que así el resto de los componentes del detergente sean capaces de funcionar al máximo rendimiento.

5. Zeolitas sódica. Es un aluminosilicato sódico con una estructura cristalina formando poros en su interior cuya fórmula es $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. En comparación, con el TPP presenta una serie de inconvenientes y ventajas.

Los inconvenientes:

- Poca capacidad de intercambio para el ión magnesio (intercambio iónico).
- Para que se produzca intercambio, los iones metálicos deben de estar en disolución.
- Insoluble en agua.

- Menos eficacia.
- Neutro

Las Ventajas:

- Capacidad de intercambio para los iones calcio, esta capacidad en muchos casos es superior, al TPP, especialmente a temperaturas altas.
 - Proporciona una fase heterogénea en el mismo sistema de lavado, lo que impide que se produzcan incrustaciones sobre las prendas.
6. Sales sódicas de ácidos hidrocarboxílicos. Se utilizaban estos agentes por su poder secuestrante, pero su elevado precio provocó su rápida sustitución por otros coadyuvantes ionorgánicos. Actualmente, se aceptan las siguientes sales:
- Sales sódicas del ácido nitrilo acético, NTA. Es el mejor complejante de los iones calcio que el TPP. Pero, solubiliza los iones cationes metálicos pesados, aumentando la toxicidad de aguas residuales.
 - Sales sódicas del ácido cítrico, CT-Na. Es un complejante de iones calcio y magnesio.

Estas sales presentan las siguientes ventajas:

- Es altamente soluble en agua.
- Es químicamente compatible con cualquier otro ingrediente.
- No es tóxico y resulta altamente biodegradable.

Los inconvenientes son:

- Al aumentar la temperatura disminuye el poder secuestrante.
- Resulta caro y no abunda en los mercados.

Las funciones resumidas de los principales coadyuvantes son:

Tabla 3.1. Funciones de los coadyuvantes

Agentes coadyuvantes	Funciones
Polifosfatos	Ablandar el agua
Silicatos solubles	Ablandar el agua
Carbonatos	Ablandar el agua
Perboratos	Blanquear

La vida de los coadyuvantes más importantes en la industria química de detergentes son:

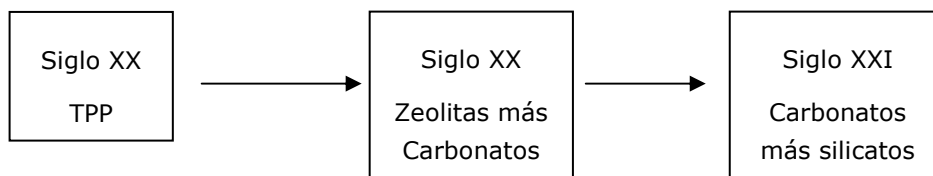


Figura 3.10. Evolución de los builders en la industria

Los tripolifosfatos tienen una eficacia más elevada que los demás coadyuvantes pero afectan negativamente al medio ambiente, en algunos países europeos se prohibieron su utilización, por eso motivo, fueron sustituidos poco a poco por las zeolitas y los carbonatos. Pero, los científicos de las industrias de este campo, observaron que no eran tan eficaces como los TPP, además del coste elevado de las zeolitas, por ello, a lo largo de los años se introdujeron la mezcla de los carbonatos y los silicatos.

3.3.2.

Aditivos

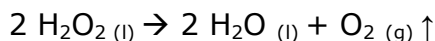
Este componente aporta características ajenas al poder detergente. Los agentes aditivos más comunes son: enzimas, carboximetilcelulosa, estabilizadores de espuma, colorantes y perfumes. A continuación, se explican cada uno de estos aditivos:

1. Blanqueantes. Los tejidos se blanquean por la liberación del oxígeno (oxígeno inestable). Las burbujas que se forman por la liberación de oxígeno van degradando las manchas indeseadas y el color de la ropa dejándola blanca. Casi todos los blanqueantes son componentes "per", es decir, tiene un oxígeno adicional y son oxidantes en comparación a su fórmula estable.

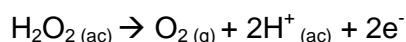
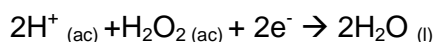
Además, inhiben la formación de bacterias y fungicidas.

Los blanqueantes más utilizados son:

- a) Peróxido de hidrógeno. El peróxido de hidrógeno o agua oxigenada (H_2O_2). La inestabilidad del peróxido de hidrógeno:



También, es capaz de actuar como agente oxidante o reductor. Las ecuaciones que se muestran a continuación presentan las semireacciones para la reacción en solución ácida.



- b) Hipoclorito de sodio. La fórmula del hipoclorito es NaClO , también es conocido como lejía. Sólo es estable en solución acuosa a pH básico.

El peróxido de hidrógeno y el hipoclorito de sodio son incompatibles con la gran mayoría de los componentes de los detergentes en polvo porque son líquidos y

porque la descomposición de peróxido de hidrógeno se acelera en medio ácido, que ocasionaría la formación del LAS, y porque la descomposición del hipoclorito de sodio se relantiza en medio básico provocando la no liberación del oxígeno, es decir, en ninguno de los casos se tendría un detergente efectivo y blanqueante.

En cambio, el perborato, percarbonato y persulfato son menos agresivos que el hipoclorito de sodio, se encuentran en estado sólido, son compatibles con todos los componentes del detergente y la descomposición se acelera en medio básico. Por eso, se elegirá el mejor de los tres para blanquear la ropa.

- c) Peroxoborato de sodio. Su fórmula es Na_3BO_4 . El boro afecta negativamente al medio ambiente, por eso se descarta como componente del detergente.
- d) Peroxocarbonato de sodio. La fórmula es Na_2CO_4 .
- e) Peroxosulfato de sodio. El persulfato/peroxosulfato de sodio es Na_2SO_5 que es menos utilizado que el percarbonato de sodio.

Al elevar la temperatura de lavado aumenta la descomposición de los compuestos "per", pero éstos no blanquean a temperaturas bajas, ya que, necesitan un activador para acelerar su descomposición y blanquear a temperatura ambiente. El activador que se utiliza es el TAED, normalmente se añade menor del uno por ciento al detergente.

Un ejemplo del TAED con el peróxido de hidrógeno.

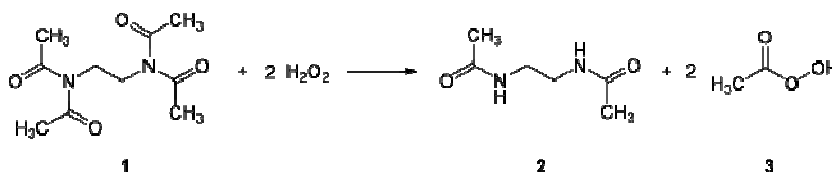


Figura 3.11. Reacción del TAED con el H_2O_2

- f) Blanqueante óptico. Son compuestos blancos o incoloros que absorben luz en la región violeta y ultravioleta del espectro electromagnético (entre 340 y 400nm) y la reflejan en la zona azulada del espectro visible (entre 400 y 470nm), lo que da a la prenda una apariencia más blanca. Estos no cambian las características de absorción de la prenda, pero al reflejar más luz, hacen que el ojo crea que esta viendo un color más blanco y brillante. Si se incide luz ultravioleta, rayos del sol, en la prenda se verán las manchas de un color amarillento y si se hace en el detergente que contenga blanqueante óptico se podrá apreciar donde está por el brillo que resplandece. Los blanqueadores ópticos tienen un 0,0001 por ciento de titanio. En la formulación del detergente se utilizará la curamina como activador de los "per".
- g) Blauet. Los "blauets" son agentes ópticos, granos de color azul, que tiene un 0,00001 por ciento de titanio. También, pueden ser utilizados en las pinturas y tintes para dar un brillo al color blanco.

Con respecto a los blanqueantes, se formulará un detergente que contenga el peroxocarbonato de sodio, el TAED y la curamina para blanquear y dar brillo a la ropa blanca.

Si se formulase un detergente para ropa de color no se añadiría ningún blanqueante, porque destiñería la ropa.

2. Enzimas. Las enzimas rompen las moléculas orgánicas adheridas en los tejidos facilitando la interacción del tensioactivo en porciones más pequeñas de suciedad para eliminarla. Las moléculas orgánicas pueden ser restos de leche, sangre, tomate... En el siguiente esquema se muestra la reacción de una enzima y tensioactivo con una partícula indeseada.

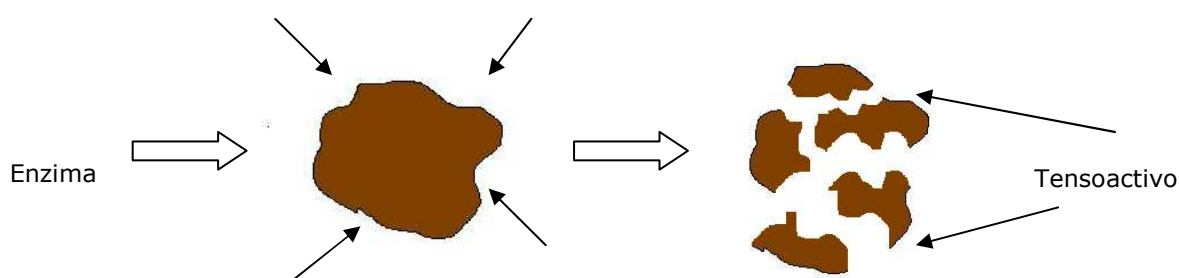


Figura 3.12. Interacción de una enzima y tensioactivo con la suciedad

Dependiendo del compuesto orgánico adherido a la ropa tenemos su correspondiente enzima para hidrolizarlo:

Proteína → Proteasas

Celulosa → Celulasas

Almidón → Amilasas

Lípidos → Lipasas

En la industria de detergentes se compra una mezcla de las anteriores enzimas para asegurarse de que no quedan sustancias indeseadas en los tejidos. Los enzimas son termolábil.

3. Carboximetilcelulosa (CMC). Modifica la viscosidad de la pasta y estabiliza las dispersiones. Retiene humedad, modifica las propiedades de consistencia, absorbe minerales de la superficie y precipita las partículas en suspensión formando coloides en el fondo.

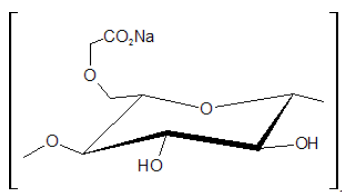


Figura 3.13. Fórmula de la carboximetilcelulosa

4. Estabilizadores de espuma. Controlan la espuma para evitar la formación excesiva de espuma. La producción de espuma no tiene nada que ver con el poder detergente. Sin embargo, el consumidor tiene siempre la impresión de que si no hay espuma no hay buena detergencia. Este malentendido está a menudo mantenido y acentuado por la publicidad de los propios fabricantes de detergentes. Para el lavado a máquina tanto de ropa es un inconveniente la formación de espuma por la eficacia del detergente y el daño de la máquina, por eso, se han desarrollado las formulaciones baja-espuma. Como por ejemplo, la silicona.

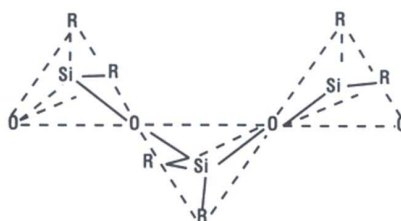


Figura 3.14. Estructura de la silicona

5. Colorantes. El color de las prendas se va perdiendo con el lavado, por ello, se añaden unas partículas de color al detergente para mantener el color de la prenda. Los colorantes son compuestos orgánicos con dobles y simples enlaces alternados, es decir, sistemas conjugados. Si se hace reaccionar un oxidante con un colorante, el agente oxidante reaccionará con los dobles enlaces del colorante transformándolos a enlaces simples. Esta pérdida de conjugación provoca que la molécula deje de absorber en la región ultravioleta-visible y por lo tanto deja de ser coloreada. Por eso, no se debe utilizar ningún tipo de oxidante para lavar ropa de color.
6. Perfumes. Dan aroma a los tejidos.

3.3.3. Auxiliares de presentación

Los auxiliares de presentación son compuestos minerales u orgánicos que sirven para dar un acabado al producto final y conseguir la concentración adecuada. Los más usados son el sulfato de sodio y el agua.

7. Sulfato de sodio. La fórmula de sulfato de sodio es Na_2SO_4 y evita que el polvo se apelmace facilitando su manejo y disolución en el agua. A parte, da volumen al detergente en polvo.
8. Agua. Los detergentes en polvo tienen una cierta humedad, que son moléculas de agua adheridas al detergente.

Las funciones resumidas de los aditivos y auxiliares se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.2. *Funciones de los aditivos y los auxiliares*

Aditivos y auxiliares	Funciones
Sulfato de sodio	Evitar endurecimiento del polvo
Sustancias fluorescentes	Absorber la luz ultravioleta
Enzimas	Romper moléculas
Carboximetilcelulosa	Impedir la adhesión del polvo
Estabilizadores de espuma	Estabilizar la espuma
Colorantes	Evitar pérdida de colores
Perfumes	Perfumar

3.3.4. Formulación

Los componentes de un detergente en polvo para ropa blanca y para ropa de color son:

Tabla 3.3. *Componentes para ropa blanca y de color*

Ropa blanca	Ropa de color
Tensoactivo aniónico	Tensoactivo aniónico
Carbonato de sodio y silicato de sodio	Carbonato de sodio y silicato de sodio
Percarbonato de sodio y activador	Enzimas
Blanqueante óptico	Silicona
Enzima	Carboximetilcelulosa
Silicona	Colorante
Carboximetilcelulosa	Perfume
Perfume	Sulfato de sodio
Sulfato de sodio	Agua
Agua	-

Pero, este proyecto sólo se centra en un tipo de detergente en polvo que es para lavar ropa blanca, aunque el dimensionado y presupuesto de maquinaria y materias primas sería la misma, pero no los ingresos y los beneficios brutos.

No se ha añadido suavizante a la formulación del detergente en polvo porque el suavizante es líquido y si se hace pasar por el proceso de secado pierde las propiedades de suavizante. Por este motivo, el suavizante se comprará a parte.

La formulación de los detergentes se determina de acuerdo a la finalidad para la cual se fabrica, es decir, del uso, de la concentración, viscosidad, densidad, humedad y del consumidor. Además, de las conclusiones extraídas en el apartado 3.3.3

En la siguiente tabla se muestra la fórmula que contiene el detergente en polvo.

Tabla 3.4. Formulación del detergente en polvo

Componentes	Sustancia	Porcentaje	Kg/h detergente	Envase detergente kg
Agentes tensoactivos	Dodecibencenosulfonato de sodio	20,0	2000	40
Constructores 1	Carbonato de sodio	15,0	1500	30
Constructores 2	Silicato de sodio	15,0	1500	30
Sustancias blanqueadoras	Peroxocarbonato de sodio	20,0	2000	40
Sustancias ópticas	Curamina	1,2	120	2
Activador	TAED	0,8	80	2
Estabilizador de espuma	Silicona	0,4	40	1
Polímeros	Carboximetilcelulosa	2,0	200	4
Auxiliar 1	Agua	10,0	1000	20
Auxiliar 2	Sulfato de sodio	15,0	1500	30
Perfume	Perfume	0,1	10	0
Enzima	Proteasas, lipasas, celulosas...	0,5	50	1
	Total	100,0	10000	2

En la industria de detergentes se produce detergentes en polvo, líquidos, cremosos o compactos. Los ingredientes que componen el detergente en polvo son: materia activa (dodecibencenosulfonato de sodio) y componentes complementarios (coadyuvantes, aditivos y auxiliares).

El detergente en polvo contiene entre un 8% y un 10 % máximo de humedad.

3.4. Aplicaciones

Los campos de aplicación de la industria de detergentes son: Detergentes en polvo para la colada, detergentes líquidos y concentrados, estabilizadores de espuma en detergentes líquidos, productos para la limpieza de superficies duras, sanitarios, productos lavavajillas, limpiadores de alfombras y tapicerías.

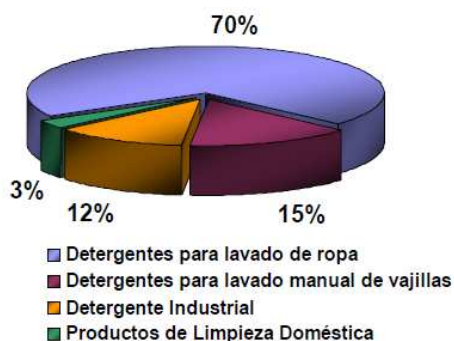
En la actualidad son pocos los procesos industriales que no utilizan detergentes en alguno o varios de sus procesos:

- Industria textil: Utiliza ampliamente detergentes para el lavado, blanqueo, tintes, aprestos cueros,...
- Industria agrícola: Empleo como humectantes, que forman parte de la descomposición de insecticidas, herbicidas, germicidas,...
- Industria de la construcción: Hace uso de los detergentes para mejorar la resistencia y humectabilidad del cemento y hormigón, aumentar la manejabilidad de polvos decorativos en cerámicas, aumento de la fluidez del hormigón, agentes espumantes para la fabricación de materiales aislantes, adición a arcillas para crear estructuras porosas en la fabricación de refractarios,...
- Industria minera: Se usan como preventivos del polvo durante la excavación, carga y transporte de carbón y minerales,...
- Industria metalúrgica: Para limpiar los metales: desengrasado, enjuagado, etc.
- Industria del transporte: Lava el material móvil, accesorios de ferrocarriles, automóviles, cisternas para transporte de aceites, depósitos de lubricantes, etc.
- Industria química: Los emplea como dispersantes, emulsificantes, fabricación de colorantes, lacas, pinturas, pigmentos, productos fitosanitarios, lavado de equipo, edificios, envases, etc.
- Industria naval: Exige grandes cantidades en el baldeo (aplicar agua sobre la calzada y pavimento) y lavado de embarcaciones, limpieza de depósitos y medio de lucha en los accidentes de derrame de crudos de petróleo.

El consumo doméstico de detergentes sintéticos aumenta cada día con el uso cada vez más extendido de máquinas automáticas para lavado de ropas, menaje y vajillas que se emplean en gran escala en hospitales, sanatorios, hoteles, cuarteles, etc.

El siguiente diagrama de sectores representa la distribución de las distintas aplicaciones del LAS, en los detergentes.

Diagrama 3.1. Porcentaje del LAS en los diversos detergentes



CAPÍTULO 4: PROCESO DE FABRICACIÓN DE DETERGENTE EN POLVO

Se presentarán las diferentes fases del proceso de elaboración del detergente en polvo:

- Descripción Global.
- Entradas al Proceso.
- Etapas y Equipos del Proceso.
- Generadores.
- Envasado.
- Diagrama de flujo.
- Automatización.

Aproximadamente, la duración de cada operación de fabricación (excepto el envasado) será de 40 minutos con una duración total de 4 horas.

A continuación, se desarrollan fases anteriores.

4.1. Descripción global

En la descripción global del proceso se encuentra una breve descripción del proceso y las reacciones que tienen lugar en el proceso de fabricación.

4.1.1. Resumen del proceso

La fabricación de los detergentes en polvo parten de la reacción del dodecilbenceno con un agente sulfonante (trióxido de azufre, ácido sulfúrico, Oleúm...) para sulfonar la cadena orgánica, obteniéndose el ácido dodecilbencensulfónico (LAS). Es decir:



Después, el LAS se hace reaccionar con el hidróxido de sodio (sosa cáustica) para formar la sal de éste, es decir, el dodecilbencenosulfonato de sodio que es el tensoactivo aniónico por excelencia de los detergentes en polvo.

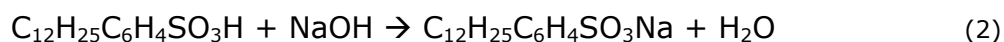
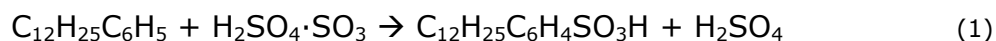


El dodecilbencenosulfonato de sodio es mezclado con los insumos (más adelante se explica) para formar una masa pastosa denominada slurry¹, posteriormente es enviado a la sección de secado, en donde los operarios manipulan los parámetros de la torre de secado para fijar una densidad y humedad de la pasta según lo establecido por la ficha de seguridad del detergente, pasando luego a la zona de enfriamiento, tamizado, adición de enzimas y perfume, finalmente el empaquetado.

Se utilizará el Oleúm como agente sulfonante por las ventajas que se obtuvieron al realizar el estudio de los diferentes agentes sulfonantes (Ver anexo PFCI)

4.1.2. Reacciones

Las reacciones que tiene lugar son:



¹ Slurry: Es una mezcla de líquidos y sólidos no disueltos.

4.2. Entradas al proceso

Las entradas al proceso se clasifican en materias primas, insumos y recursos naturales.

4.2.1. Materias primas

Las materias primas son las sustancias necesarias para la elaboración del tensoactivo, que es la materia activa del detergente. Las materias primas serán según las reacciones (1), (2) y (3) del apartado 4.1.2 :

- Dodecilbenceno

Es un compuesto orgánico con una cadena lineal de 12 carbonos unidos a un benceno, su fórmula es $C_{12}H_{25}C_6H_5$.

Las propiedades físicas y químicas del se reflejan en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. *Propiedades físicas y químicas del dodecilbenceno*

Fórmula	$C_{12}H_{25}C_6H_5$
Peso molecular	246, 4 g/mol
Densidad	856 kg/m ³
Temperatura de ebullición	186,5 °C
Solubilidad en agua	Insoluble
Aspecto	Líquido incoloro
Otros	Vapor más denso que el aire

Al transportar y almacenar el dodecilbenceno debe haber una buena ventilación a ras del suelo para evitar acumulación del vapor en caso de pérdida o fuga. Se almacenará y se transportará lejos de los ácidos y bases fuertes.

Para más información sobre el almacenado, transporte y riesgos químicos ver anexo de protección y seguridad.

- Óleum

La fórmula del Óleum es $H_2SO_4 \cdot SO_3$.

Para fabricar el LAS se utilizará un óleum de un solución de 20-25 %. El Óleum empleado no debe contener hierro en cantidades superiores a 0.01 %, ya que a cantidades mayores produciría detergentes amarillentos disminuyendo la calidad del producto.

Las propiedades físicas y químicas son:

Tabla 4.2. *Propiedades físicas y químicas del Óleum*

Fórmula	H ₂ SO ₄ .SO ₃
Peso molecular	178 g/mol
Densidad	1840kg/m ³
Temperatura de ebullición	339 °C al 98,3%
Solubilidad en agua	Soluble
Aspecto	Líquido de incoloro a amarillo que desprende gases de SO ₃ .
pH	<1

Algunos consejos son: evitar altas temperaturas, sustancias combustibles, agentes reductores. Además, las prohibiciones serán no fumar y no usar lámparas sin protección.

Se deberá almacenar y transportar en zonas frescas y bien ventiladas. Se almacenará cerca del hidróxido de sodio, porque si reaccionan se produce una neutralización, formación de agua y la sal (sulfato de sodio).

- Hidróxido de sodio

La fórmula del hidróxido de sodio o sosa cáustica es NaOH. Se obtiene mediante método de Solvay y el electrolítico. En este caso, se emplea el NaOH para neutralizar el LAS y producir la respectiva sal, se utilizará una solución del 20 % (diluida).

Las propiedades físicas y químicas del hidróxido de sodio son:

Tabla 4.3. *Propiedades físicas y químicas del hidróxido de sodio*

Fórmula	NaOH
Peso molecular	40 g/mol
Densidad	2100kg/m ³
Temperatura de ebullición	140 °C
Solubilidad en agua	Soluble
Aspecto	Líquido blanco y viscoso
pH	>12

El almacenamiento y transporte debe ser fresco, seco y ventilado. Con suelos de hormigón, con recubrimiento resistente a la corrosión y con buen drenaje.

La información de las materias primas se ha extraído de las fichas de seguridad correspondientes. Para más información ver anexo fichas de seguridad

4.2.2. Insumos

Los insumos son aquellas sustancias que no son la base del detergente, pero se necesitan para mejorar las propiedades del tensoactivo y proporcionar un aspecto al detergente, como los coadyuvantes, los aditivos y los auxiliares. La composición del detergente y la descripción de los insumos se encuentra en los apartados 3.3.

4.2.3. Recursos naturales

Los recursos naturales son el agua y el aire:

9. Agua

En el proceso de fabricación de detergentes el agua es empleada en las siguientes etapas:

- Lavados de equipos.
- Para generar vapor en las calderas.
- Aguas de enfriamiento.

10. Aire

El aire cumple las siguientes funciones en una planta de detergentes:

- En la etapa de secado.
- Para enfriar el detergente seco.

4.3. Etapas del proceso

El proceso de elaboración de detergente en polvo se divide en cuatro etapas principales: pre-adición, torre de secado, post-adición y envasado. El siguiente esquema queda representado el proceso.

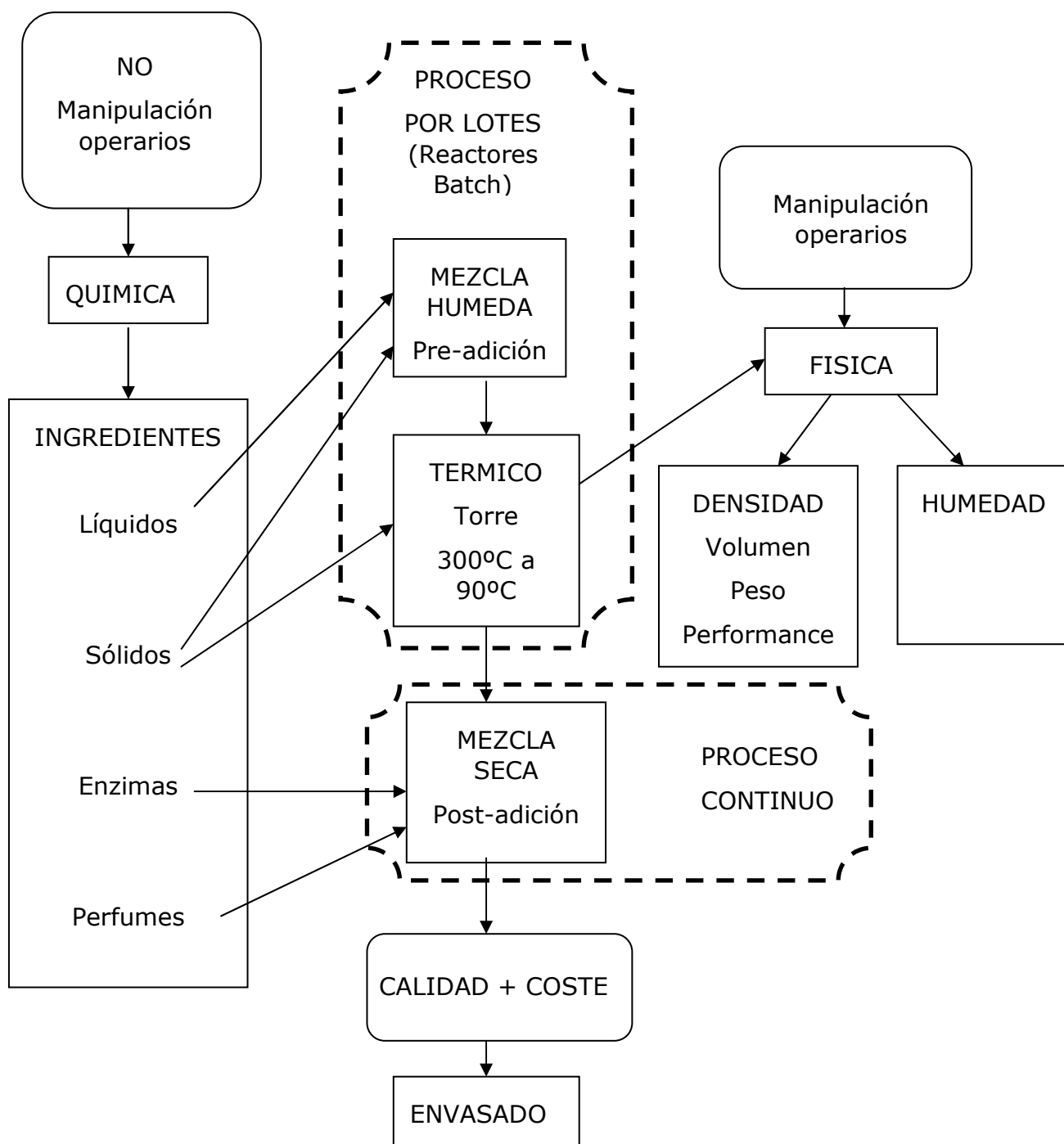


Figura 4.1. Etapas del proceso

A continuación, se detalla cada etapa del proceso.

4.3.1. Pre-adición

Es la primera etapa del proceso de elaboración del detergente en polvo. Como esta etapa se trabaja con líquidos, soluciones (acuosas) y agua, se denomina etapa de mezcla húmeda, se puede dividir en: reacción de sulfonación, reacción de neutralización y finalmente pasta slurry.

11. Reacción de sulfonación

En la industria de los detergentes es común emplear el dodecilbenceno (DDB) como agente activo. El DDB es sulfonado con el oleum, para formar el respectivo ácido dodecilbencensulfónico (LAS). La reacción que tiene lugar es la reacción 1 (Ver 4.1.2)

La velocidad de reacción es extremadamente rápida y exotérmica. Es necesario mantener la temperatura a 55 °C a fin de evitar el exceso de sulfonación y el consiguiente oscurecimiento de la mezcla, para mantener la temperatura se emplea un intercambiador alrededor del reactor, el conjunto del reactor y del intercambiador de calor se denomina reactor con camisa.

La sulfonación produce una conversión del 96% en menos de un minuto. Pero, para facilitar los cálculos y los diseños del proceso se ha supuesto una conversión del 100%.

Las variables a controlar son:

- Efectividad del agente sulfonante.
- Relación de agente activo y agente sulfonante.
- Temperatura.
- Técnica y tiempo de agregado del agente sulfonante.
- Grado de agitación en la sulfonación.
- Temperatura y tiempo de agitación de la mezcla reaccionante.
- Pureza del agente sulfonante.

Actualmente la mayoría de las industrias eliminan la etapa de sulfonación y adquieren por parte de otras industrias químicas el ácido Sulfónico de Dodecilbenceno como materia prima para la producción de los detergentes, como por ejemplo, Henkel, debido a que el coste del LAS es mucho más bajo que dodecilbenceno. En el anexo se hace un estudio económico de esto último.

12. Reacción de neutralización

El LAS formado se neutraliza con una solución de sosa cáustica, para formar el tensoactivo aniónico, dodecilbencensulfonato de sodio. La reacción es la reacción 2 ver 4.1.2.

La neutralización se efectúa de la siguiente manera: se deposita la solución de NaOH (20%) en el neutralizador, después se agrega el LAS y se agita a una velocidad tal que su temperatura en el neutralizador se mantenga en un rango de 50-55 °C (el cual debe tener una capacidad mínima igual al doble de la capacidad del sulfonador).

Durante la neutralización es necesario controlar la temperatura para mantener la fluidez de la pasta. Esta reacción es altamente exotérmica, generando de 6 a 8 veces más calor que en la reacción de sulfonación (1).

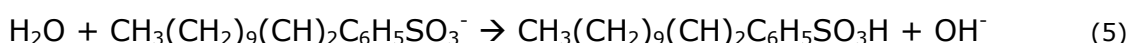
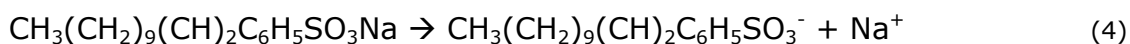
Los equipos empleados para controlar la temperatura en las etapas de sulfonación y neutralización son intercambiadores de calor de flujo circulante.

La masa formada en la reacción (2), se mezcla con los insumos elegidos para elaborar el detergente. La operación se realiza en tanques de mezcla denominados crouthers (recipientes cilíndricos de base cónica y dispuesta de una chaqueta de calentamiento y un agitador), en donde se forma un lodo pastoso denominado slurry con un contenido del 40 al 60% de sólidos. Es necesario mantener un control estricto de la composición del producto resultante, la temperatura y el pH.

Parámetros de la formación de la pasta slurry:

- Temperatura de mezcla: 60° C.
- pH de la mezcla: 10 (básico).
- Comprobación de un pH básico cualitativamente:

La mezcla contiene agua y dodecilbencenosulfonato de sodio. El agua es neutra y la sal del LAS es básica porque la sal se descompone en catión sodio y en el anión dodecilbenecenosulfonato, reacción (4). El catión sodio no reacciona con el agua por lo tanto, el pH del medio es neutro, pero el anión de la sal del LAS si que reacciona con el agua, formando LAS y hidroxilos, reacción (5).



Finalizada la mezcla, el slurry se bombea a la torre de secado. El detergente desechado del tamiz y los detergente devueltos por el consumidor se vierten en el mezclador de la pasta slurry, para que no haya residuos.

Ver el anexo de cálculos para conocer más información del dimensionado.

4.3.2. Torre de secado

La pasta slurry contiene entre un 30 y el 40 % de humedad (los cálculos se han realizado con un valor del 36% de agua, ver anexo de cálculos) hasta un producto terminado del 10 % máximo de humedad. El secado se efectúa en la torre de aspersion o dispersion.

La masa pastosa o slurry es bombeada a la torre de dispersion a una presión de 75 a 150 Psi., las partículas dispersas son puestas en contracorriente con aire caliente (400 °C).

En ésta sección se realizan las siguientes operaciones:

- Generación de aire caliente.
- Secado del producto.
- Separación de polvo de arrastre.

La producción de aire caliente necesaria para el secado del producto se obtiene mediante el horno generador de combustión de gas natural (el gas natural contiene entre un 90% y un 95% de metano y el resto es nitrógeno, sulfuro de hidrógeno y helio, pero los cálculos se han realizado con el porcentaje máximo

de metano, es decir, 100%). El generador está dotado de los dispositivos para el control de la combustión y la regulación automática de la temperatura del aire caliente a 400 °C. Cerca del generador está situado el ventilador que ha de enviar el aire caliente a la torre, provisto de válvulas de regulación de caudal y enfriamiento.

El aire de secado entra por la parte inferior de la torre y sale por arriba, en sentido contrario al descenso de las partículas atomizadas por los inyectores. El distribuidor está provisto de numerosas bocas de entrada de aire para garantizar una inyección uniforme y regular del aire al interior de la torre. En cambio, la pasta slurry sale atomizada por la parte de arriba de la torre. Mientras el producto seco sale por la parte inferior de la torre, el aire (húmedo) lo hace por la parte superior, pasando a través del conducto a la batería de ciclones.

- Torre de Aspersión o dispersión

Se alimenta de un gran volumen de aire caliente suficiente para abastecer el calor necesario para completar la evaporación del agua. La transferencia de masa y energía se logra mediante el contacto directo del gas caliente con las gotitas dispersas. Después de concluir la desecación el gas saliente por la parte superior es enfriado (por el calentamiento global) y las partículas finas se separan del gas por medio de un filtro (para que las partículas finas no pasen a la atmosfera contaminándola). La torre de aspersión generalmente está construida con chapa de acero común, está provista de mirillas o puntos de observación, e inyectores de pulverización.



Figura 4.2. Torre de secado

Tienen forma y dimensiones estudiadas para obtener valores óptimos de la velocidad y temperatura del aire además del tiempo de contacto. Normalmente la altura promedio es 24 metros (la torre que se instalará será de 20,4m).

- Batería de ciclones

La recolección de finos y nieblas en la parte superior de la torre de aspersión son atrapados por medio de filtros que atrapan más del 90 % de los sólidos. Los ciclones están ajustados con mangas de alta resistencia a la temperatura. Los finos son continuamente recogidos y reciclados dentro de la torre de dispersión, así se asegura una aspersión libre de niebla y se evita la operación manual. El aire sale a la atmósfera con un contenido de finos y material particulado por debajo de 5 mg/m³.

Para ver el dimensionado de la torre ver anexos.

- Sistema de enfriamiento

El producto caliente que sale de la descarga de la torre es transportado por el conducto en donde sufre un enfriamiento. En el paso por el conducto de enfriamiento, los grumos más pesados se descargan en la parte inferior del conducto.

4.3.3. Post-adición

La mezcla es seca porque el porcentaje de agua es de un 10%, esto se considera un polvo seco. En esta última etapa se realiza la operación de tamizado, en que

las partículas de 0,5 a 1 micras pasan como producto deseado (se recogen en la parte inferior del tamizado) y el resto se desecha en el mezclador de la pasta slurry.

Después de realizar una granulometría se añaden los insumos que no se han añadido en la pasta slurry, porque las altas temperaturas de la torre de secado supondría una desactivación de las propiedades de las sustancias, como por ejemplo, el perfume y enzimas mediante dosificadoras.

Las tres etapas anteriores (pre-adición, torre de secado y post-adición) se pueden esquematizar en un diagrama de flujo como es el siguiente.

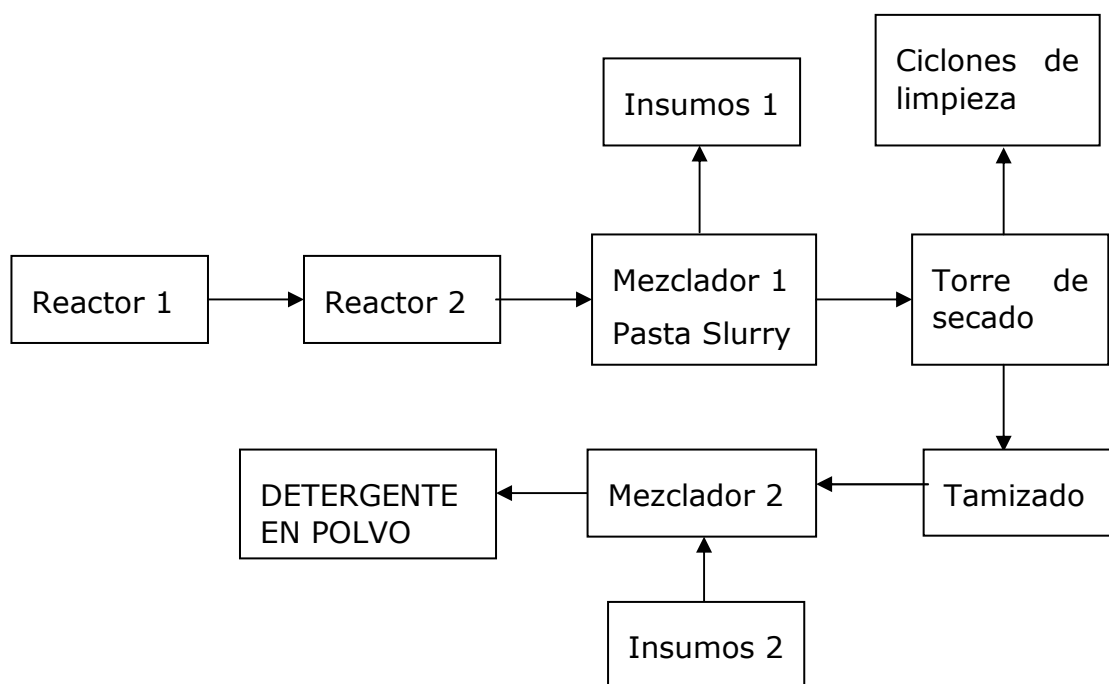


Figura 4.3. Diagrama de flujo proceso de fabricación.

4.4. Generadores

Los generadores del proceso de manufactura de los detergentes son: el vapor, el intercambiador de calor y el quemador.

13. Vapor: Es requerido como suministro de energía en el crouther, para mantener las condiciones de temperatura exigidas, la cual es aproximadamente de 60 - 70 °C
14. Intercambiador de calor: Las reacciones del proceso, son fuente generadora de energía por cuanto allí se efectúan unas reacciones altamente exotérmicas, por tanto es necesario disponer del agua como fluido de enfriamiento que absorba la energía producida. Necesariamente las aguas calientes son enviadas a un sistema de torres de enfriamiento donde son enfriadas y recirculadas.

Estos intercambiadores consisten de un número de tubos paralelos encerrados en una carcasa cilíndrica y se clasifican de acuerdo a la construcción del cabezal de

tubos. En todos los casos los tubos están mandrilados o soldados al cabezal para impedir pérdidas hacia el casco. Los tipos de intercambiadores utilizados son:

- a) Intercambiadores de cabezal fijo: Es el tipo de intercambiador más simple, pero tiene algunas limitaciones:
 - Diferencia de temperatura límite de 65 °C entre los fluidos, dado que no hay tolerancias para expansión.
 - No se puede limpiar dentro del casco, por lo tanto el líquido del mismo debe estar lo más limpio posible.
- b) Intercambiadores de cabezal flotante: Para permitir que los tubos puedan expandirse debido a la diferencia de temperatura en el intercambiador, uno de los cabezales del tubo se mueve libremente dentro del casco. Esta cabeza debe estar encerrada dentro del casco con una tapa para retornar el fluido de los tubos a la salida.
- c) Intercambiadores de tubos en U: Los tubos son de una sola pieza y hechos para cada caso. Los tubos pueden expandirse y contraerse y sólo un cabezal es necesario. El haz de tubos puede ser sacado para inspeccionarlo y limpiarlo, los cuales sólo pueden ser limpiados mediante el uso de reactivos químicos.

15. Quemador: Es el dispositivo que suministra la energía necesaria para mantener la temperatura del aire a la entrada de la torre de secado a 400 °C.

Una vez obtenido el detergente en polvo se realiza la operación de envasado.

4.5. Envasado

El detergente se envasará en envases de cartón. Cada envase contendrá 2 kg de detergente, en el PFCI se dijo de 9 kg, pero esto conlleva una envase más grande y el doble de peso que hace desfavorable la venta por su formato.

La etapa de envasado es una serie de operaciones unitarias mecánicas para dar un aspecto final al detergente en polvo. A continuación, se observa un esquema del envasado.

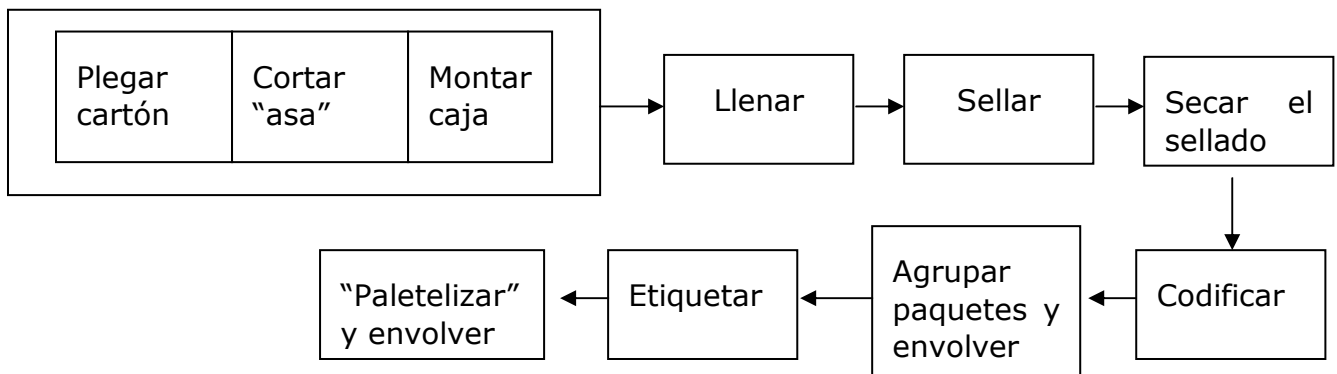


Figura 4.4. Proceso de envasado

El circuito del envase se puede describir de la siguiente forma: la primera máquina del envasado realiza tres operaciones: coge los cartones desplegados, los pliega, corta el asa a la distancia adecuada y la inserta en el cartón, es decir, monta la caja para poder llenar el envase con facilidad y sin la ayuda de personal. Después, se transporta a la siguiente máquina que es el llenador de los envases, esta máquina o puede que conjunto de máquinas tiene un dosificador, una báscula y un sensor para detectar el nivel de llenado. La siguiente máquina se encarga de cerrar el envase y sellarlo (poner una cinta adhesiva para asegurarse de que el envase este cerrado). Luego, se seca la cinta adhesiva con una máquina que expulsa aire caliente, para que el secado se realice más rápido. Una vez secado, se imprime un código de barras en cada cartón. La siguiente máquina agrupa los envases de seis en seis y los envuelve firmemente en papel film, por lo tanto, debe tener un mecanismo de esperar los envases, agruparlos por lotes de seis en seis, envolverlos (el film de rodearlos por las 6 caras) y finalmente cortar el film. Luego, el lote de seis cartones se pega la etiqueta (contiene fecha, identificación de la sustancia y de la empresa, composición e información y código). La última máquina va poniendo los lotes de seis en seis en palees y una vez lleno y con una altura. La última etapa del envasado es el transporte de los palees al almacén de detergente en polvo.

4.6. Diagrama de flujo

En el documento de planos se adjunto el diagrama de flujo del proceso de elaboración de detergente en polvo.

4.7. Automatización

El proceso de elaboración del detergente de principio a fin, incluyendo envasado, está controlado y regulado por PC's y sistemas electromecánicos, en el que el programa simula la función de un trabajador. Si la planta está automatizada habrá un o varios trabajadores visualizando las pantallas del proceso.

Las computadoras especializadas, son utilizadas para leer entradas de campo a través de sensores y en base a su programa, generar salidas hacia el campo a través de actuadores.

Existen dos tipos distintos: DCS o Sistema de Control Distribuido, y PLC o Controlador Lógico Programable. El primero era antiguamente orientado a procesos de tipo analógico (4-20mA), mientras que el segundo se utilizaba en procesos de tipo digital (ceros y unos). Actualmente ambos equipos se parecen cada vez más, y cualquiera de los dos puede ser utilizado en todo tipo de procesos.

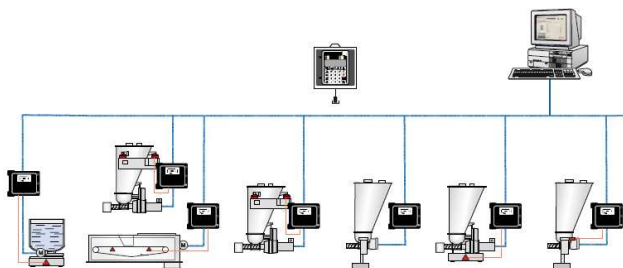


Figura 4.5. Esquema de automatización

CAPÍTULO 5:

BIBLIOGRAFÍA

5.1. Libros de consulta

García Domínguez, J.J. "Tensioactivos y Detergencia".Ed. Dossat, S.A. Madrid, 1986

Peters S., Max; "Plant Design and Economics for Chemical Engineers".Timmerhaus D., Klaus Ed. Mc Graw Hill. 1991

Austin, George T. "Industrias de Procesos Químicos" Ed. Mc Graw Hill.

Aguer Hortal, Mario; Pérez Gorostegui, Eduardo "Teoría y práctica de economía de la empresa"; Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. Madrid

Riegel, E.R."Química Industrial" Ediciones Grijalbo, S.A. Barcelona-México, 1964

Sánchez Leal, Joaquín "Aspectos Ecológicos de los Detergentes" Gestió i Promoció Editorial, S.A. Barcelona, 1995

5.2. Páginas Web

<http://www.henkel.com>

<http://revista.consumer.es/web/es/20030901/actualidad/analisis2/63530.php>

<http://www.fichasdeseguridad.com>

<http://turnkey.taiwantrade.com.tw/>

<http://www.merck-chemicals.es>

ÍNDICE PRESUPUESTO

índice presupuesto	1
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN.....	2
Capítulo 2: COSTES FIJOS.....	3
2.1. Nave industrial.....	3
2.2. Maquinaria.....	4
2.2.1. Maquinaria línea de fabricación	4
2.2.2. Maquinaria línea envasado.....	5
2.2.3. Automatización	5
2.2.4. Total importe maquinaria	5
2.3. Personal	6
2.4. Total de costes fijos	6
Capítulo 3: COSTES VARIABLES.....	7
3.1. Materias primas.....	7
3.1.1. Para la fabricación	7
3.1.2. Para el envasado	8
3.1.3. Total precio de materias primas	8
3.2. Total de costes variables	8
Capítulo 4: INGRESOS	10
4.1. Detergente en polvo	10
4.2. Ácido sulfúrico al 76%.....	11
4.3. Total ingresos	11
Capítulo 5: RENTABILIDAD ECONÓMICA	12
5.1. Amortizaciones.....	12
5.2. Balance económico	12

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En general, un presupuesto de un diseño de una planta consta de:

- Costes fijos.
- Costes variables.
- Ingresos.
- Rentabilidad económica.

A continuación, se detalla cada punto.

CAPÍTULO 2:

COSTES FIJOS

Los costes fijos o costes de estructura son aquellos costos independientes del volumen de producción, no varían sea cual sea la cantidad producida.

Para una planta de este ámbito se tendrá en cuenta: el precio por metro cuadrado del terreno, de la construcción de la nave, de la instalación de todos los servicios necesarios en una industria, sin tener en cuenta el consumo, de la compra e instalación de los equipos (medidores y detectores) y la maquinaria (línea de fabricación, de envasado y automatización) y el sueldo del personal de la empresa.

Como se ha elegido una nave industrial equipada con todas las instalaciones necesarias (agua, electricidad, gas, inmobiliario, luz, sistema contra-incendios) para llevar a acabo una producción horaria de 10 toneladas de detergente en polvo, no se tiene en cuenta en los costes fijos el gasto de la construcción de la nave ni el gasto de la instalación de los diferentes tipos instalaciones.

2.1. Nave industrial

La nave industrial, de 6000 m² de terreno y 4000 m² construidos situada en Granollers, tiene un alquiler al mes es de 17.000 euros. Si año tiene 12 meses, el alquiler anual será:

Tabla 2.1. Alquiler nave industrial.

Concepto	€/año
Nave industrial	204.000

2.2. Maquinaria

La maquinaria de una fábrica de detergente en polvo se puede dividir claramente en tres: maquinaria necesaria para la fabricación, para el envasado y para el control y regulación de materias primas y producto acabado (automatización).

2.2.1. Maquinaria línea de fabricación

El importe de la instalación del equipo y de la maquinaria esta incluida en el precio total. Por lo tanto, la maquinaria en general para la línea de fabricación es:

Tabla 2.2.1. Importe maquinaria de la línea de fabricación

Concepto	Unidad	€/unidad	Total €
Medidores de caudal	6	2.200	13.200
Medidores de temperatura	6	150	900
Medidores de nivel	6	320	1.920
Analizadores de gases	2	75.000	150.000
Enfriador de aire	1	3.800	3.800
Tanque de enfriamiento	1	6.750	6.750
Bomba de agua de refrigeración	1	1.890	1.890
Reactor batch	2	252.000	504.000
Mezclador	3	22.100	66.300
Separador	1	2.000	2.000
Intercambiador de calor	2	7.200	14.400
Analizador de hierro	1	3.500	3.500
Báscula	11	3.400	37.400
Dosificador	2	6.300	12.600
Torre de atomización de Chemithon	1	350.650	350.650
Ciclón	1	27.600	27.600
Generador de gas caliente	1	33.200	33.200
Depurador de gases	1	21.470	21.470
Condensador	1	6.240	6.240
Bomba centrífuga	3	3.700	11.100
Tamiz	1	17.100	17.100

Silos	2	45.200	90.400
Válvulas	20	2.400	48.000
Bombas	13	3.000	39.000
Filtros de recuperación	4	3.200	12.800
Tanques de almacenamiento	13	120.000	1.560.000
Total €	106	945.370	3.036.220

2.2.2. Maquinaria línea envasado

La maquinaria para la línea de envasado se ha unificado en un concepto, denominado línea de envasado, en el que se incluye el montaje de las distintas máquinas y las siguientes máquinas: plegadora, remachadora, transportadora de envases vacíos, llenos y sin envase mediante cintas transportadoras, colocadora de los cartones, llenador de los cartones, controladora el peso, codificador los cartones, envolvedor con film, etiquetadora de fardos, transportador del paletizador, paletizador.

Tabla 2.2.2. Importe maquinaria línea envasado

Concepto	Unidad	€/unidad	Total €
Línea de envasado	1	500.000	500.000

2.2.3. Automatización

En la actualidad, todas las fábricas están controladas y reguladas por máquinas inteligentes.

Tabla 2.2.3. Precio automatización

Concepto	Total €
Automatización	130.200

2.2.4. Total importe maquinaria

El importe total de la maquinaria es:

Tabla 2.2.4. Total importe maquinaria

Concepto	Total €
Línea de proceso	3.036.220
Línea de envasado	500.000
Automatización	130.200
Total	3.666.420

2.3. Personal

Es una empresa pequeña porque sólo dispondrá de 18 trabajadores en total, que es suficiente para fabricar, ya que, hoy en día todas las plantas de elaboración de productos están automatizadas. Como el objetivo de esta empresa es la fabricación, la mayor parte de los trabajadores estarán en la sección de fabricación. Por lo tanto, la empresa se puede dividir en: los trabajadores de oficinas, que hay dos turnos, y los trabajadores de fabricación, que hay tres turnos. Todos los trabajadores tienen una jornada laboral de 8 horas diarias de lunes a viernes. Los viernes se produce menos cantidad porque hay que limpiar las máquinas.

Tabla 2.3. *Sueldo personal*

Concepto	Nº Personas	Sueldo (€/año)	Total €
Director	1	45.000	45.000
Ingenieros técnicos	2	30.000	60.000
Técnicos analistas	2	20.000	40.000
Comerciales	1	18.000	18.000
Recursos humanos / Administración	1	18.000	18.000
Operarios	9	18.000	162.000
Personal mantenimiento	1	14.400	14.400
Servicios (limpieza)	1	13.200	13.200
Total	18	176.600	370.600

2.4. Total de costes fijos

La suma de todos los elementos de los costes fijos es:

Tabla 2.4. *Total de costes fijos*

Concepto	Importe (€)
Nave industrial	204.000
Maquinaria	3.666.220
Personal	370.600
Total €	4.240.820

CAPÍTULO 3: COSTES VARIABLES

Los costes variables son aquellos costes que varían al modificar el volumen de unidades productivas, es decir, si aumenta la producción aumentan los costes variables. En los costes variables se incluyen: las materias primas, el consumo de las instalaciones.

3.1. Materias primas

Las materias primas son todas aquellas sustancias que se han de comprar para fabricar el detergente en polvo. También, se ha tenido en cuenta las materias primas para envasar el producto.

3.1.1. Para la fabricación

El precio de las materias primas anual para la elaboración de detergente en polvo es:

Tabla 3.1. Precio anual de materias primas para fabricación

Concepto	kg/h	T/año	Precio (€/T)	Precio (€)
Dodecilbenceno	1.414	1.763,26	480	846.363,84
Oleum 20%	1.556	1.940,33	560	1.086.585,92
Hidróxido de sodio 20%	1.591	1.983,98	520	1.031.668,04
Carbonato de sodio	1.500	1.870,50	9,30	17.395,65

Silicato de sodio	1.500	1.870,50	7,20	13.467,60
Peroxocarbonato de sodio	2.000	2.494,00	95,40	237.927,60
Cumarina	120	149,64	190	28.431,60
TAED	80	99,76	10.000	997.600,00
Silicona	40	49,88	7.580	378.090,40
Carboximetilcelulosa	200	249,40	150,30	37.484,82
Sulfato de sodio	1.344	1.675,97	140,50	235.473,50
Perfume	10	12,47	9.800	122.206,00
Enzimas	50	62,35	55.000	3.429.250,00
Total	11.405	14.222,04	84.532,70	8.461.944,97

3.1.2. Para el envasado

Las materias primas para el envasado son: envase de cartón con su diseño final para el consumidor, asas del envase, remaches para unir el cartón con la asa, cinta adhesiva para cerrar el envase, tinta para el código de barras, film para el lote de tres envases y la etiqueta.

Tabla 3.1.2. Precio anual del material de envasado.

Concepto	Precio (€)
Material envasado	200.000

3.1.3. Total precio de materias primas

El precio total de materias primas será la suma del precio total de las materias primas para elaborar el detergente y el precio total de las materias primas de envasado.

Tabla 3.1.3. Precio total anual de materias primas

Concepto	Precio (€)
Materias primas fabricación	8.461.944,97
Materias primas envasado	200.000
Total	8.661.994,97

3.2. Total de costes variables

El total de costes variables anuales será la suma de las materias primas y de los servicios contratados (instalaciones, seguridad y mantenimiento).

El importe de los servicios contratados es una estimación de los servicios contratados de otras plantas químicas con la misma aplicación.

Tabla 3.2. *Total de costes variables anuales*

Concepto	Importe (€)
Materias primas	8.661.945
Electricidad/luz	92.000
Gas natural	38.000
Seguridad	24.000
Mantenimiento	90.000
Total	8.905.945

CAPÍTULO 4:

INGRESOS

Los ingresos de esta planta se pueden dividir en dos: los ingresos que se obtienen en vender el detergente en polvo, que es el objetivo de esta planta química, y en vender el ácido sulfúrico, subproducto de la fabricación de detergente en polvo por sulfonar con oleum.

Si el proceso dura 4 horas y se fabrica 24 horas diarias de lunes a viernes, entonces, hay 6 ciclos diarios en esta fábrica. Excepto, el viernes (o aquel día antes del festivo) que habrá 5 ciclos al día porque hay que lavar las máquinas por seguridad, higiene y protección de la maquinaria.

Entonces, para saber las toneladas de detergente en polvo y de el ácido sulfúrico producido anuales, hay que saber la cantidad de detergente horaria (10 toneladas a la hora), los ciclos diarios de la fábrica (anteriormente comentados) y la cantidad de detergente que se produce al año (por ejemplo, en 2011 hay 215 días laborales). Por lo tanto, se fabrica 12.470 toneladas de detergente en polvo y 1.552,52 toneladas de ácido sulfúrico al año.

4.1. Detergente en polvo

El detergente en polvo se vende en envases de cartones de 2,5 kg de producto y el precio del kilogramo es de 1, 4 euros (precio muy competitivo), que en toneladas serían unos 1.400 euros. Si se considera que se vende el 100% de detergente en polvo que se produce al año, los ingresos de esta planta serán.

Tabla 4.1. Ingreso detergente en polvo.

Concepto	Toneladas/año	€/Tonelada	€/año
Detergente en polvo	12.470	1.400	17.458.000

4.2. Ácido sulfúrico al 76%

Se vende el ácido sulfúrico al 76% sobrante del proceso de fabricación a 300 euros la tonelada.

Si se producen 1.552,52 toneladas al año, ingreso de la venta de este subproducto será:

Tabla 4.2. Ingresos ácido sulfúrico al 76%

Concepto	Toneladas/año	€/Tonelada	€/año
Ácido sulfúrico	1.552,52	300	465.756

4.3. Total ingresos

La suma de los ingresos del detergente en polvo y del ácido sulfúrico es:

Tabla 4.3. Total ingresos

Concepto	€/año
Detergente en polvo	17.458.000
Ácido sulfúrico	465.756
Total	17.923.756

CAPÍTULO 5:

RENTABILIDAD

ECONÓMICA

5.1. Amortizaciones

Sólo se tiene en cuenta la maquinaria:

Tabla 5.1. Amortizaciones

Concepto	Coste total(€)	Periodo	Coste amortizado (€)
Maquinaria	3.666.220	10	366.622

5.2. Balance económico

Una vez obtenidos los costes (fijos y variables) y los ingresos, se realiza el balance económico para conocer la rentabilidad anual de la planta. Antes de calcular la rentabilidad anual se mencionan dos conceptos importantes de este punto: El beneficio bruto y el neto.

- El beneficio bruto son los ingresos menos los gastos.
- El beneficio neto son los beneficios menos los impuestos.

Balance económico del primer año, teniendo en cuenta el gasto del proyectista (ver anexo 3. PFCI) será:

Tabla 5.2.1. Balance económico primer año

Concepto	€/año
Alquiler	204.000
Amortizaciones	366.622
Personal	370.600
Proyectista	14.420
Total costes fijos	955.642
Total costes variables	8.905.945
Total gastos	9.861.587
Ingresos	17.923.756
Beneficio bruto	8.062.169
Impuestos	5.000.000
Beneficio neto	3.062.169

Por lo tanto, el beneficio neto en el primer año es de 3.062.169 euros.

Entonces el balance económico a partir del primer año será:

Tabla 5.2.2. Balance económico a partir del primer año.

Concepto	€/año
Alquiler	204.000
Amortizaciones	366.622
Personal	370.600
Total costes fijos	941.222
Total costes variables	8.905.945
Total gastos	9.847.167
Ingresos	17.923.756
Beneficio bruto	8.076.589
Impuestos	5.000.000
Beneficio neto	3.076.589

A partir del primer año, el beneficio neto anual será de 3.076.589 euros.

ÍNDICE PLIEGO DE CONDICIONES

Índice pliego de condiciones.....	1
Capítulo 1: PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	2
1.1. Objeto.....	2
1.2. Disposiciones legales	2
1.3. Condiciones facultativas legales.....	3
1.4. Seguridad del trabajo.....	3
1.5. Seguridad pública	4
Capítulo 2: PLIEGOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	5
2.1. Especificaciones de materiales y equipos.....	5
2.2. Especificaciones de ejecución	7
Capítulo 3: PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS	8

CAPÍTULO 1:PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

Esta parte del documento incluye la descripción general del contenido del proyecto, los criterios o aspectos normativos para desarrollar la obra de una forma legal y segura para los trabajadores que la llevan a cabo.

1.1. Objeto

Son objeto del presente Pliego de Condiciones todas las obras, con inclusión de materiales y medios auxiliares, que sean necesarios para llevar a término la instalación del control y regulación de la fábrica, los equipos y maquinaria para fabricar 10 toneladas de detergente en polvo. La maquinaria se instalará según los planos adjuntos a este proyecto y documentación de la memoria.

Es también objeto del presente pliego de condiciones la definición de la normativa legal a que están sujetos todos los procesos y las personas que intervienen en la obra (instalación de la línea de control y regulación, montaje de equipos y maquinaria) .

1.2. Disposiciones legales

El contratista está obligado al cumplimiento de la reglamentación del Trabajo correspondiente, la contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio familiar y de vejez, Seguro de Enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la Norma UNE 24042 "Contratación de Obras. Condiciones Generales", siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

El contratista deberá estar clasificado, según Orden del Ministerio de Hacienda, en el Grupo, Subgrupo y Categoría correspondientes al Proyecto y que se fijará en el Pliego de Condiciones Particulares, en caso de que proceda.

1.3. Condiciones facultativas legales

Las obras del Proyecto, además de lo prescrito en el presente Pliego de condiciones, se regirán por lo especificado en:

- Reglamentación General de Contratación según Decreto 3410/75, de 25 de noviembre.
- Pliego de Condiciones Generales para la Contratación de Obras Públicas aprobado por Decreto 3854/70, de 31 de diciembre.
- Artículo 1588 y siguientes del Código Civil, en los casos que sea procedente su aplicación al contrato de que se trate.
- Real Decreto 1955/2000 de 1 de Diciembre, por el que se regulan las Actividades de Transporte, Distribución, Comercialización de productos de limpieza y ácido sulfúrico.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones.
- Técnicas Complementarias (Real Decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002).
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales
- RD 162/97 sobre Disposiciones mínimas en materia de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción.

1.4. Seguridad del trabajo

El contratista deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos en tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal; los metros, reglas, mangos de aceitera, útiles limpiadores, etc., que se utilicen no deben ser de material conductor. Se llevarán las herramientas o equipos en bolsas y se utilizará calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en suelas.

El personal de la Contrata viene obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales tales como casco, gafas, banqueta aislante, etc., pudiendo el Director de Obra suspender los trabajos, si estima que el personal de la contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El Director de Obra podrá exigir del Contratista, ordenándolo por escrito, el cese en la obra de cualquier empleado u obrero que, por imprudencia temeraria, fuera

capaz de producir accidentes que hicieran peligrar la integridad física del propio trabajador o de sus compañeros.

El Director de Obra podrá exigir del contratista en cualquier momento, antes o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de Seguridad Social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

1.5. Seguridad pública

El contratista deberá tomar todas las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, de objetos peligrosos procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

El Contratista mantendrá póliza de Seguros que proteja suficientemente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudieran incurrir para el Contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

CAPÍTULO 2:PLIEGOS DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El pliego de especificaciones técnicas dispone de dos apartados: especificaciones de materiales y equipos y especificaciones de ejecución. A continuación, se detallan brevemente.

2.1. Especificaciones de materiales y equipos

En este apartado se incluyen los equipos y máquinas que se utilizarán en el proyecto.

Tabla 2.1. Listado de máquinas del proceso de fabricación

Concepto	Unidad
Medidores de caudal	6
Medidores de temperatura	6
Medidores de nivel	6
Analizadores de gases	2
Enfriador de aire	1
Tanque de	1

enfriamiento	
Bomba de agua de refrigeración	1
Reactor batch	2
Mezclador	3
Separador	1
Intercambiador de calor	2
Analizador de hierro	1
Báscula	11
Dosificador	2
Torre de atomización de Chemithon	1
Ciclón	1
Generador de gas caliente	1
Depurador de gases	1
Condensador	1
Bomba centrífuga	3
Tamiz	1
Silos	2
Válvulas	20
Bombas	13
Filtros de recuperación	4
Tanques de almacenamiento	13

Se incluyen en un concepto la maquinaria de la línea de envasado y en otro concepto toda la instalación y equipos para automatizar la fábrica. En la maquinaria de la línea de envasado se incluye el montaje de las distintas máquinas y las siguientes máquinas: plegadora, remachadora, transportadora de envases vacíos, llenos y sin envase mediante cintas transportadoras, colocadora de los cartones, llenador de los cartones, controladora el peso, codificador los cartones, envolvedor con film, etiquetadora de fardos, transportador del paletizador, paletizador.

Tabla 2.2. Máquinas línea de envasado y automatización

Concepto	Unidad
Línea de envasado	1
Automatización	1

Todos los equipos y materiales serán de AISI 316, por el estudio realizado en el apartado 1.1 del anexo de este proyecto.

2.2. Especificaciones de ejecución

En este apartado se hace constar cómo será realizado el proyecto, es decir, su proceso de construcción a partir de los materiales anteriormente citados.

El montaje de la máquinas de la sección de fabricación y envasado se realizará con la ayuda de los planos de este proyecto que siguen la línea de fabricación del detergente en polvo.

CAPÍTULO 3:PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

En este apartado se determina la forma de pagos.

En este proyecto se adjunta el presupuesto del proyecto.

Todo lo que engloba el apartado de máquinas se puede amortizar en 10 años y se incluye la compra, la instalación y el suelo de los trabajadores. Pero, el presupuesto del proyectista se debe pagar su totalidad en un año una vez firmado el contrato, se puede realizar el pago mensualmente o varios pagos, ésto se acordará el día de la firma del contrato.

La instalación tendrá una garantía de 20 años contra todo defecto de la misma.

ÍNDICE ANEXOS

Índice anexos	1
Anexo 1: RIESGOS QUÍMICOS	4
1.1. Toxicidad de los agentes tensoactivos	5
Anexo 2: PROTECCIÓN Y SEGURIDAD.....	6
2.1. Compatibilidad materias primas con los equipos de trabajo.....	6
2.2. Incompatibilidad entre reactivos.....	10
2.2.1. Incompatibilidad entre reactivos.....	10
2.3. Ley de prevención de riesgos laborales.....	13
2.3.1. Evitar los riesgos	13
2.3.2. Equipos de protección colectiva	14
2.3.3. Equipos de protección individual (EPI).....	16
2.4. Normativa interna.....	16
2.5. Emergencias	17
Anexo 3: MEDIO AMBIENTE.....	18
3.1. Contaminación a causa de los detergentes.....	18
3.2. Biodegradabilidad	19
3.3. Tripolifosfato de sodio	21
3.3.1. Eutrofización.....	21
3.3.2. Hidrólisis del TPP	21
3.3.3. Consistencia de las pastas de detergentes que contienen TPP ...	22
3.4. Legislación.....	23
Anexo 4: PROYECTO DE FIN DE CARRERA I	24
4.1. Problema	24
4.2. Detergentes y jabones	24
4.2.1. ¿Qué es un jabón?.....	24
4.2.2. ¿Qué es un detergente?	26
4.3. Antecedentes	28
4.4. Enfoque.....	29
4.5. Requirimientos de diseño a tratar	29
4.5.1. Composición	30

4.5.2.	Materias primas.....	30
4.5.3.	Proceso	31
4.5.4.	Medio ambiente.....	31
4.5.5.	Almacenaje.....	31
4.6.	Análisis de requerimientos de diseño.....	31
4.6.1.	Composición	31
4.6.2.	Materias primas.....	35
4.6.3.	Proceso	36
4.6.4.	Medio ambiente.....	37
4.6.5.	Almacenaje.....	38
4.7.	Soluciones tecnológicas.....	38
4.7.1.	Composición	38
4.7.2.	Materias primas.....	39
4.7.3.	Proceso	39
4.7.4.	Medio ambiente.....	39
4.7.5.	Almacenaje.....	39
4.8.	Área y emplazamiento de la planta	40
4.8.1.	Empaque.....	40
4.8.2.	Ocupación de material.....	40
4.8.3.	Área planta.....	41
4.8.4.	Emplazamiento	41
4.9.	Planificación PFCII	44
4.9.1.	Etapas de de desarrollo PFCII	44
4.9.2.	Diagrama de Gantt	44
4.10.	Presupuesto PFCI	46
Anexo 5: AUXILIAR CÁLCULO		47
5.1.	Fomulario	47
5.1.1.	Balance macroscópico de materia	47
5.1.2.	Balance de macroscópico de energía	48
5.1.3.	Intercambiador de calor	48
5.1.4.	Transporte de fluidos	49
5.2.	Tablas auxiliares de cálculo.....	51
Anexo 6: CÁLCULOS DEL PROCESO		54
6.1.	Introducción	54
6.2.	Caudal másico, energía, área del intercambiador	54
6.2.1.	Balance de materia y de energía del reactor 1.....	54

6.2.2.	Balance de materia del mezclador de dilución	59
6.2.3.	Balance de materia del separador	61
6.2.4.	Balance de materia y de energía del reactor 2.....	61
6.2.5.	Balance de materia del mezclador 1	67
6.2.6.	Balance de materia y de energía de la torre de atomización	68
6.2.7.	Balance de materia de la reacción de combustión	69
6.3.	Dimensionado de la torre de secado.....	72
6.3.1.	Diámetro d del secadero.....	72
6.3.2.	Altura de L del secado	72
6.3.3.	Balance de materia del mezclador 2.....	73
Anexo 7: SIMULACIÓN		74
Anexo 8: FICHAS TÉCNICAS		75

CAPÍTULO 1: RIESGOS QUÍMICOS

Los riesgos químicos de las sustancias que se necesitan para fabricar detergente en polvo son:

Tabla 1.1. Riesgos químicos

SUSTANCIA	RIESGO QUÍMICO QUE PUEDE CAUSAR LA SUSTANCIA							
	Inflamable	Explosivo	Nocivo	Irritante	Peligro M. Ambiente	Corrosivo	Comburente	Tóxico
Dodecilbenceno	X			X				
Óleum				X		X		X
Ácido dodecilbencensulfónico				X		X		
Hidróxido de sodio						X		
Carbonato de sodio				X				
Sulfato de sodio				X				X
Carboximetilcelulosa	X			X				

Percarbonato sódico				X				
Silicato de sodio				X				
Dodecibencenosulfonato de sodio				X				X

1.1. Toxicidad de los agentes tensoactivos

La toxicidad de se puede dividir a corto plazo y a largo plazo.

16. Acción a corto plazo:

De los diferentes tipos de detergentes aniónicos, los derivados del alcohol láurico son menos tóxicos que los compuestos a base de alquilarilos.

- De los diferentes tipos de detergentes no iónicos, los menos tóxicos son los ésteres oxietilénicos, los ácidos oleicos y los condensados mixtos de óxido de propileno y óxido de etileno.
- Se admite que las algas y ciertos animales como los poliquetos son muy sensibles, mientras que los moluscos y los crustáceos lo son poco.

17. Acción a largo plazo

Todos los agentes tensoactivos se han mostrado como peligrosos, incluso a débiles concentraciones, es decir, son tóxicos.

CAPÍTULO 2: PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

Para diseñar una fábrica química se debe tener en cuenta la compatibilidad de materias primas con los equipos de trabajo, para que no haya ninguna reacción química que provoque un deterioro, una perforación del equipo de trabajo. También, se debe tener en cuenta la incompatibilidad entre las materias primas necesarias para llevar a cabo el objetivo de la empresa. Una incompatibilidad ocasiona incendios, vapores tóxicos, explosiones, reacciones incontrolables, por este motivo, se decide estudiar la protección y seguridad en la planta de detergente en polvo con la ayuda de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995.

Según el artículo 4 de la Ley anterior, un equipo de trabajo es aquella máquina, aparato o instrumento o instalación utilizada en el trabajo.

2.1. Compatibilidad materias primas con los equipos de trabajo

En una planta de fabricación de este tipo, el estudio de la compatibilidad de las materias primas se puede dividir en: el suelo y la línea de producción.

El suelo: los productos pueden corroer el suelo y provocar accidentes, por eso, el suelo de esta planta será de...

La línea de producción: son todos aquellos equipos de trabajo que están en contacto con las materias primas, como los tanques, reactores, conductos. A continuación, se realiza un estudio sobre la compatibilidad de las materias primas más importantes para la fabricación de detergentes (dodecibenceno,

oleum e hidróxido de sodio) y los detergentes en general respecto a los equipos de trabajo.

- Dodecilbenceno: Como no se ha encontrado el dodecilbenceno se ha escogido el benceno, que tiene una química parecida.

Tabla 2.1. Compatibilidad Dodecilbenceno

Material	Compatibility
304 stainless steel	B-Good 😊
316 stainless steel	B-Good 😊
ABS plastic	D-Severe Effect 😡
Acetal (Delrin)	A ¹ -Excellent 😊
Aluminum	B-Good 😊
Brass	N/A
Bronze	A-Excellent 😊
Buna N (Nitrile)	D-Severe Effect 😡
Carbon graphite	A-Excellent 😊
Carbon Steel	A-Excellent 😊
Carpenter 20	A-Excellent 😊
Cast iron	A-Excellent 😊
Ceramic Al2O3	A-Excellent 😊
Ceramic magnet	A-Excellent 😊
ChemRaz (FFKM)	A-Excellent 😊
Copper	B-Good 😊
CPVC	D-Severe Effect 😡
EPDM	D-Severe Effect 😡
Epoxy	C ¹ -Fair 😊
Fluorocarbon (FKM)	D-Severe Effect 😡
Hastelloy-Cr	B-Good 😊
Hypalonr	D-Severe Effect 😡
HytreIr	C-Fair 😊
Kalrez	A-Excellent 😊
Kel-Fr	B-Good 😊
LDPE	C ¹ -Fair 😊
Natural rubber	D-Severe Effect 😡
Neoprene	D-Severe Effect 😡
NOR'YLr	D-Severe Effect 😡
Nylon	A ¹ -Excellent 😊
Polycarbonate	D-Severe Effect 😡
Polyetherether Ketone (PEEK)	A-Excellent 😊
Polypropylene	D-Severe Effect 😡
Polyurethane	D-Severe Effect 😡
PPS (Ryton®)	A-Excellent 😊
PTFE	A-Excellent 😊
PVC	C ¹ -Fair 😊
PVDF (Kynar®)	A ² -Excellent 😊
Silicone	D-Severe Effect 😡
Titanium	A-Excellent 😊
Tygonr	C-Fair 😊
Vitonr	A-Excellent 😊

- Óleum 25%

Tabla 2.2. Compatibilidad óleum 25%

Material	Compatibility
304 stainless steel	B ² -Good 😊
316 stainless steel	B-Good 😊
ABS plastic	N/A
Acetal (Delrin)	D-Severe Effect 😞
Aluminum	B-Good 😊
Brass	N/A
Bronze	B-Good 😊
Buna N (Nitrile)	D-Severe Effect 😞
Carbon graphite	D-Severe Effect 😞
Carbon Steel	N/A
Carpenter 20	D-Severe Effect 😞
Cast iron	N/A
Ceramic Al ₂ O ₃	N/A
Ceramic magnet	N/A
ChemRaz (FFKM)	N/A
Copper	N/A
CPVC	D-Severe Effect 😞
EPDM	D-Severe Effect 😞
Epoxy	D-Severe Effect 😞
Fluorocarbon (FKM)	B-Good 😊
Hastelloy-Cr	A-Excellent 😄
Hypalon	D-Severe Effect 😞
Hytre	C-Fair 😊
Kalrez	A-Excellent 😄
Kel-Fr	A-Excellent 😄
Natural rubber	D-Severe Effect 😞
Neoprene	D-Severe Effect 😞
NORYL	N/A
Nylon	D-Severe Effect 😞
Polycarbonate	N/A
Polyetherether Ketone (PEEK)	N/A
Polypropylene	D-Severe Effect 😞
Polyurethane	D-Severe Effect 😞
PPS (Ryton®)	A ¹ -Excellent 😄
PTFE	A-Excellent 😄
PVC	D-Severe Effect 😞
PVDF (Kynar®)	C ¹ -Fair 😊
Silicone	D-Severe Effect 😞
Titanium	D-Severe Effect 😞
Tygon	N/A
Viton	A-Excellent 😄

- Hidróxido de sodio 20%

Tabla 2.3. Compatibilidad hidróxido de sodio 20%

Material	Compatibility
304 stainless steel	B-Good 😊
316 stainless steel	B ² -Good 😊
ABS plastic	B-Good 😊
Acetal (Delrin®)	A-Excellent 😊
Aluminum	D-Severe Effect 😞
Brass	B-Good 😊
Bronze	B-Good 😊
Buna N (Nitrile)	A-Excellent 😊
Carbon graphite	A ² -Excellent 😊
Carbon Steel	D-Severe Effect 😞
Carpenter 20	A ² -Excellent 😊
Cast iron	A ² -Excellent 😊
Ceramic Al2O3	A-Excellent 😊
Ceramic magnet	N/A
ChemRaz (FFKM)	C-Fair 😊
Copper	A ² -Excellent 😊
CPVC	A-Excellent 😊
EPDM	B-Good 😊
Epoxy	A ² -Excellent 😊
Fluorocarbon (FKM)	D-Severe Effect 😞
Hastelloy-Cr	B-Good 😊
Hypalon®	A-Excellent 😊
Hytre®	B-Good 😊
Kalrez®	A-Excellent 😊
Kel-Fr®	A-Excellent 😊
LDPE	D-Severe Effect 😞
Natural rubber	A ¹ -Excellent 😊
Neoprene	B ² -Good 😊
NORYL®	A-Excellent 😊
Nylon	A-Excellent 😊
Polycarbonate	A ² -Excellent 😊
Polyetherether Ketone (PEEK)	A-Excellent 😊
Polypropylene	A-Excellent 😊
Polyurethane	B-Good 😊
PPS (Ryton®)	A-Excellent 😊
PTFE	A-Excellent 😊
PVC	A-Excellent 😊
PVDF (Kynar®)	A-Excellent 😊
Silicone	A ² -Excellent 😊
Titanium	A ¹ -Excellent 😊
Tygon®	A ¹ -Excellent 😊
Viton®	C-Fair 😊

Donde:

1=Satisfactorio a temperatura cercana a la ambiental, pero depende de cada producto.

2=Satisfactorio a temperatura superior a la ambiental, pero depende de cada producto.

A = Excelente.

B = Bueno, puede causar un efecto leve de corrosión o decoloración.

C= Bajo, efecto moderado, no recomendado para uso continuo.

D = Daño severo, no recomendado para ningún uso.

N/A = Información no disponible.

De las compatibilidades anteriores, se observa que en muchos casos el material con puntuación excelente es un material poco conocido y caro, esto hace llegar a la conclusión de que todo el equipo de trabajo será de acero inoxidable 316, que es el material estándar para los equipos de trabajo en aplicaciones químicas.











2.2. Incompatibilidad entre reactivos

En este apartado, se compara la reacción violenta que provocan al almacenarse dos reactivos incompatibles.

2.2.1. Incompatibilidad entre reactivos

En la siguiente tabla, nos indica cualitativamente que reactivos dependiendo de su química se pueden almacenar conjuntamente o no.

Tabla 2.5. Incompatibilidad entre reactivos

					
	+	-	-	-	+
	-	+	-	-	-
	-	-	+	-	+
	-	-	-	+	0
	+	-	+	0	+

+ Se pueden almacenar conjuntamente.
 0 Solamente podrán almacenarse juntos, si se adoptan ciertas medidas preventivas.
 - No deben de almacenarse juntos.

Explicación de los iconos de la tabla anterior de izquierda a derecha:

- Inflamable: Son aquellas capaces de formar una mezcla, con el aire, en concentraciones tales que las haga formar una flama espontáneamente o por la acción de una chispa. Punto de ignición bajo.
- Explosivo: Son aquellas que producen una expansión repentina, por turbulencia, originada por la ignición de cierto volumen de vapor inflamable, acompañada por ruido, junto con fuerzas físicas violentas capaces de dañar seriamente las estructuras por la expansión rápida de los gases.
- Tóxico: Las sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos o incluso la muerte.
- Comburente: Las sustancias y preparados que en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.
- Irritante: Las sustancias y preparados no corrosivos que, en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria.

La mayoría de las materias primas son corrosivas, nocivas y peligrosas para el medio ambiente. Su significado es:








- Corrosivo: Las sustancias y preparados que en contacto con los tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.
- Nocivo: Las sustancias y preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos o incluso la muerte.
- Peligrosos para el medio ambiente: Las sustancias y preparados que presentes o puedan presentar un peligro inmediato o futuro para uno o más componentes del medio ambiente.



Figura 2.1. Corrosivo, nocivo y peligrosos para el medio ambiente.

Como la tabla anterior no indica información sobre estas propiedades químicas, por lo tanto, se debe tener otra información de apoyo como la siguiente tabla.

Tabla 2.6. Resumen de las sustancias químicas incompatibles

Guarde estos	↔ Lejos de estos →	¡O tendrá esto!
Ácidos	Alcalinos	
Ácidos o alcalinos	Metales reactivos (aluminio, berilio, calcio, litio, potasio, magnesio, sodio, polvo de zinc) Metales hidricos	
Agua o alcoholes	Ácidos o alcalinos concentrados Calcio, litio, potasio Metales hidricos Otros desperdicios reactivos con agua	 Vapores tóxicos
Solventes o materiales orgánicos reactivos (alcoholes, aldehidos, hidrocarburos nitrados)	Ácidos o alcalinos concentrados Metales reactivos Metales hidricos	
Mezclas de cianuro y sulfuro	Ácidos	 Vapores tóxicos
Oxidantes fuertes (cloratos, cloro, cloritos, ácido crómico, hipocloritos, nitratos, percloratos, permanganatos, peróxidos)	Ácidos orgánicos Ácidos minerales concentrados Metales reactivos Metales hidricos Solventes orgánicos reactivos Materiales orgánicos reactivos Desperdicios inflamables o combustibles	 O 

Por lo tanto, el dodecilbenceno se almacenará separado del hidróxido de sodio y el óleum. El hidróxido de sodio y el oleum se almacenará conjuntamente, ya que, un ácido y una base reaccionan para dar su respectiva sal y agua. El carbonato, silicato, peroxo. se pueden almacenar juntos pero lejos del gas natural.

2.3. Ley de prevención de riesgos laborales

Según el artículo 14 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales 31/1995, el trabajador tiene derecho a una salud y seguridad en el trabajo. El artículo 15 de esta misma ley establece los principios de las medidas preventivas, se mencionan se destacan las medidas que tienen más conexión con esta planta:

- Evitar los riesgos
- Evaluar los riesgos que no se puedan evitar
- Combatir los riesgos en su origen
- Adaptar el trabajo a la persona
- Tener en cuenta la evolución de la técnica
- Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro
- Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual
- Dar las debidas instrucciones a los trabajadores

Sólo estudiarán los siguientes puntos: evitar los riesgos, protección colectiva e individual.

2.3.1. *Evitar los riesgos*

Los riesgos que puede haber son:

- Quemaduras
- Caídas
- Aplastamiento
- Salpicaduras

Esto se puede evitar, conociendo los riesgos de los productos químicos, el proceso de la línea de fabricación, conocimiento de los riesgos con la protección y sin la protección, conocimiento de la señalización de la planta (visual, olfativa, auditiva, verbal, lenguaje corporal). Por lo tanto, la planta estará señalizada con:

- Iconos de peligro, advertencia, información.
- Mecanismos de megáfono.
- Etiquetaje de todos los productos químicos (NTP 725).
- Conductos identificados por un color.

2.3.2. Equipos de protección colectiva

Los equipos de protección colectiva son aquellos elementos que protegen a un grupo de trabajadores.

En este subapartado se estudiarán en concreto los equipos de protección colectivos, que se mencionan en la NTP 500: Prevención del riesgo en el laboratorio: elementos de actuación y protección en casos de emergencia, que se puede clasificar en: Instalación contra incendios e instalación contra vertidos de accidentes.

18. Instalación contra incendios

La instalación contra incendios nos protege de los accidentes de incendios.

Como es una fábrica que se encuentra en un polígono industrial se seguirá el Real Decreto 2267/2004,

Para evaluar el riesgo de incendio de nuestra fábrica que se encuentra en un polígono industrial, qué equipos de protección colectiva de contra incendios, cuántos y a qué distancia se debe abastecer la fábrica se seguirá el Real Decreto 2267/2004. La fábrica estará dotada de extintores, salidas de emergencias, alumbrado de emergencia, alarmas y mangueras.

La revisión de los extintores es anual y el retimbrado es cada 5 años.

Extintores: Revisión anual y retimbrado cada 5 años.

- Sectores de riesgo en la fábrica:

Los sectores de riesgo en la fábrica son: almacén de producto acabado, almacén del envase, almacén de materias primas, línea de producción del producto. También, se incluye el proceso de envasado porque son máquinas muy voluminosas de gran potencia que pueden provocar una chispa. Es decir, toda la fábrica puede arder, pero el grado de riesgo es diferente porque no hay el mismo combustible en toda la fábrica (cartón, máquinas, gas natural, materias primas y producto). A continuación, se muestran los diferentes riesgos.

- Tipos de extintores

En la siguiente tabla se muestra como extinguir el fuego según que tipo de fuego lo provocó.

Tabla 2.7. Tipos de extintores

Clases de fuego	Agentes extintores						
	Agua chorro	Agua pulverizada	Espuma física	Polvo seco	Polvo polivalente	Nieve carbónica CO ₂	Halones
A SÓLIDOS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
B LÍQUIDOS	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
C GASES	NO Extingue SI Limita propag.			SI	SI	SI	SI
D METALES	NO*	NO*	NO*	NO*	NO*	NO*	NO*
E ELÉCTRICOS	NO	SI HASTA 20.000 V	NO	SI	SI HASTA 1.000 V	SI	SI
CLAVES: SI Bueno SI Aceptable NO Inaceptable o Peligroso * REQUIERE AGENTES ESPECIALES							

Agentes de extinción:

- La diferencia entre agua a chorro y el agua pulverizada, es el sistema de expulsión de caudal de agua. El agua pulverizada sale dispersa, atomizada porque tiene un rociador, en cambio, el agua a chorro no tiene rociador.
- La espuma física es una emulsión de un producto espumógeno en agua.
- El polvo seco es una mezcla de sólidos.
- Polvo polivalente es una mezcla de fosfatos.
- Nieve carbónica es el dióxido de carbono en estado sólido. También, se domina hielo seco.
- Halones son compuesto formados por bromo, flúor y carbono.

En la fábrica de detergente en polvo hay productos sólidos, líquidos, gases, metales y componentes eléctricos, por tanto, el tipo de extinción por excelencia según la tabla anterior será la espuma física o el polvo polivalente. Independientemente de la conclusión extraída de la tabla de los diferentes tipos de agentes extintores, se instalarán extintores de nieve carbónica porque son más prácticos, universales y no dañan al equipo de trabajo.

Instalación contra vertidos de accidentes.

En este punto se estudiará los posibles vertidos en una industria o laboratorio que pueden llegar a ocasionar accidentes y como proteger el mobiliario, el equipo de trabajo y a los trabajadores de ellos.

Se diferencian dos tipos de protección colectiva:

19. Equipo básico: Es un kit para ácidos, bases, disolventes orgánicos y mercurio.

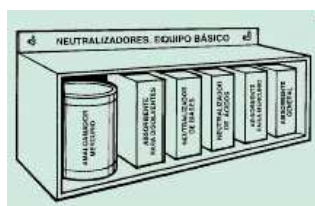


Figura 2.2. Equipo básico

20. Instalaciones de agua: Se encuentra las duchas y los lavaojos que se deben inspeccionar cada 6 meses. El caudal, calidad es un punto importante. El agua se utilizará cuando no sea el derrame no sea un producto mencionado en el equipo básico.



Figura 2.3. Iconos de ducha de seguridad y lavaojos.

2.3.3. Equipos de protección individual (EPI)

En todas las industrias químicas los trabajadores llevan equipos de protección individual, ya que, ninguna medida de prevención y protección colectiva es suficiente para reducir o eliminar el riesgo.

Según el Real Decreto 773 "Protección individual (EPI)" es aquel objeto con la finalidad de proteger a un único trabajador y es de uso individual.

En esta planta, hay diversos focos perjudiciales para el trabajador, como por ejemplo, contacto con los productos, salpicaduras, inhalación de polvo, ruidos, aplastamiento de los pies, derrames. Los EPI's que los trabajadores deberán ponerse obligatoriamente serán:

- Guantes de látex.
- Gafas universales de laboratorio.
- Mascarilla sencilla pero no las quirúrgicas.
- Protección acústica, como por ejemplo unos tapones
- Calzado con puntera de metal
- Vestimenta general



Figura 2.4. Iconos de protección individual

Según el RD 773, el empresario está obligado a comprar de todos estos EPI's para cada trabajador que lo necesite. El trabajador tiene como obligación utilizarlos y realizar el mantenimiento de ellos.

El empresario y el equipo de prevención se apoyarán en las NTP: 517 y NTP: 518 para conocer la utilización adecuada de los EPI's.

2.4. Normativa interna

La normativa interna son aquellas normas que sirven para la seguridad y la salud de los trabajadores, pero que algunas de esas normas son específicas para esa empresa, puede que otra empresa de la misma actividad no tenga la misma normativa interna.

La normativa interna de esta empresa será la normativa interna de cualquier laboratorio químico:

- Calzado cerrado.
- Pantalón largo.
- Si el cabello es largo, se debe recoger.
- No llevar lentillas.
- No comer ni beber.
- No correr.
- No fumar.
- No llevar medias.
- No pintarse las uñas.
- Mantener una postura correcta.
- Seguir las instrucciones del superior.
- Etiquetar todos los productos.

2.5. Emergencias

La clasificación de las emergencias es: conato de emergencia, emergencia parcial, emergencia general. Se explican brevemente:

- Conato de Emergencia: Es aquella situación de emergencia donde el riesgo es mínimo. Se caracteriza porque con la intervención de los Equipos de Primera Intervención (PIA) que están cualificados y tiene a su disposición medios disponibles para reducir el riesgo, indistintamente de la PIA se debe tener una comunicación al centro de control de emergencias y esperar órdenes.
- Emergencia Parcial: La situación de riesgo es medio. Actuación de los Equipos de Segunda Intervención (ESI) con los medios totales que cuente el centro (extintores, mangueras...). Alerta a los Equipos de Alarma y Evacuación (EAE) y Equipos de Primeros Auxilios (EPA). Comunicación permanente con el Centro de Control de Emergencias.
- Emergencia General: Riesgo importante. Supone la actuación de todos los equipos, EPI, ESI, EAE, EPA. Implica la solicitud de ayuda de recursos exteriores, como por ejemplo los bomberos o ambulancias. Se puede declarar paralelamente la evacuación parcial o total del centro.
- Evacuación: Desplazarse ordenadamente siguiendo las instrucciones de un superior a un sitio seguro, fuera de la empresa.
- Confinamiento: Es el proceso contrario a la evacuación, es decir, es quedarse dentro de la empresa en un sitio seguro, porque fuera de la empresa hay un peligro que rodea la empresa.

CAPÍTULO 3:MEDIO AMBIENTE

Se explicará brevemente la acción desfavorable de los detergentes en el agua y en suelo, la degradación del LAS, las desventajas del tripolifosfato de sodio, una breve citación de la ley de medioambiente con respecto a los detergentes y la toxicidad de tensioactivos.

3.1. Contaminación a causa de los detergentes

En el mundo hay un 97,5% de agua salada, y el resto es agua dulce con un 2,5%. El 2,5% de agua dulce se puede dividir en: los glaciales con un 74%, en aguas subterráneas con un 25,7% y un 0,3% en ríos y lagos. Sólo 1% del agua dulce de los ríos, lagos y aguas subterráneas se puede utilizar para el consumo diario y para su uso.

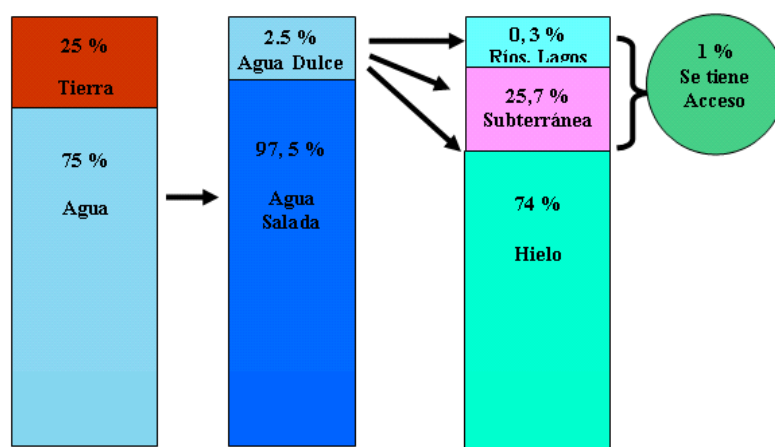


Figura 3.1. Distribución del agua en el mundo

Las fuentes de contaminación de agua dulce son:

- Contaminación por sales solubles.
- Contaminación de origen natural.
- Contaminación química: Por detergentes, fertilizantes, sales minerales, metales pesados, fenoles, productos fitosanitarios.
- Contaminación orgánica de origen urbano.
- Contaminación térmica.
- Contaminación por residuos radioactivos.

Los efectos de los detergentes sobre las aguas:

- Formación de espumas.
- Inhibición de los procesos redox.
- Disminución de los niveles de oxígeno.
- Proliferación de algas y procesos de eutrofización.
- Formación de películas aislantes superficiales.
 - Perturbación del proceso de autodepuración de las aguas

Y los efectos de los detergentes sobre los suelos son:

- Modifican la permeabilidad de los suelos.

3.2. Biodegradabilidad

Se entiende por biodegradabilidad la ruptura de un sustrato orgánico a causa de la acción enzimática de microorganismos vivos que lo utilizan para producir energía (por respiración celular) y formar sustancias como aminoácidos, tejidos y organismos.

Una degradación total de un sustrato orgánico es aquella que consigue descomponer el sustrato en sus elementos químicos más simples, pero no siempre se puede degradar un sustrato totalmente o parcial, esto se debe a varios factores. Los factores principales son:

- Factores ambientales.
- Cadenas saturadas/insaturadas.
- Metales pesados.

En el ámbito de los detergentes, la degradación del LAS, la realizan microorganismos aeróbicos, que son aquellos que necesitan oxígeno para vivir o desarrollarse y el factor más importante que interviene en la degradación es la cadena saturada/insaturada. Una cadena orgánica saturada es aquella que contiene el máximo de hidrógenos posibles, en cambio, una cadena insaturada o ramificada es aquella que contiene dobles enlaces o tiene cadenas secundarias. Por lo tanto, un microorganismo no puede o es un proceso dificultoso degradar

una cadena insaturada por el hecho de no contener elementos simples en su cadena. En conclusión, a mayor grado de ramificación el sustrato es menos biodegradable. Por este motivo que se ha elabora un LAS lo menos ramificado posible.

Para que ocurra el proceso de biodegradación del LAS es necesario las siguientes etapas y/o reacciones:

- Omega-oxidación
- Beta-oxidación
- Remoción de la cadena alquílica con dioxigenación formando e l 4-sulfocatecol
- Apertura del anillo bencénico
- Desulfonación

Hasta llegar a obtener SO_4^{-2} , CO_2 y H_2O .

En el siguiente figura se Figuratiza el proceso de biodegradación del LAS. Es importante destacar que el LAS de la figura no es el LAS que se obtiene en esta fábrica de detergente en polvo, pero como el LAS que se obtiene es menos ramificado, se obtendrá el mismo resultado en bajo condiciones más favorables.

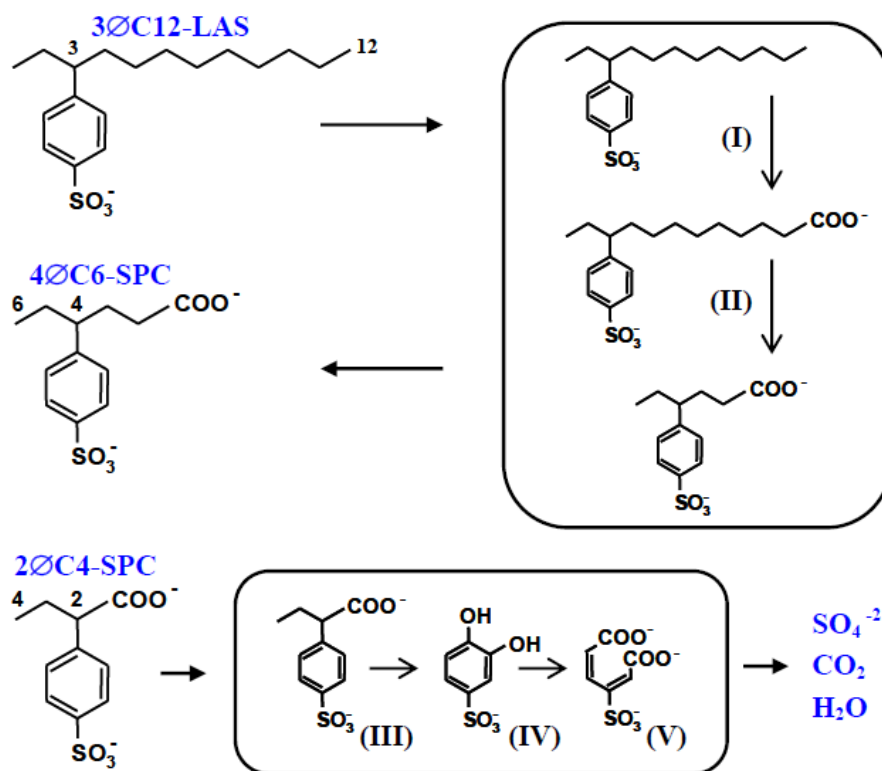


Figura 3.2. Figura de biodegradabilidad del LAS

3.3. Tripolifosfato de sodio

A pesar de las ventajas que ofrece la utilización del tripolifosfato de sodio, TPP, existe una serie de dificultades ecológicas y técnicas. A continuación, se analizarán las dos dificultades:

3.3.1. Eutrofización

La eutrofización es el aumento de la cantidad de nutrientes (como por ejemplo el TPP) en las aguas superficiales que dan un desarrollo excesivo de la microflora y en especial de las algas, limitando la cantidad de oxígeno y luz a los animales acuáticos llevando a éstos a la muerte.

Al descomponerse ciertas algas producen un gran consumo de oxígeno, puede conducir a condiciones anaerobias muy peligrosas debido al desprendimiento de SH_2 y NH_3 , dando olor y sabor desagradable al agua.

La tendencia actual de eliminar los fosfatos es hacerlo en los vertidos urbanos. Esto se puede conseguir mediante dos tipos de actuaciones:

21. Eliminar o reducir el contenido de fosfatos en los detergentes. Con este tratamiento se reduce el 50%. El detergente que se fabrica no contiene tripolifosfatos.

- Consiste en tratar las aguas residuales en plantas que incluyen la precipitación de los fosfatos. Se consigue una reducción mucho más elevada que el anterior.
- Desviación de las aguas residuales.
- Eliminación de fósforo en pre-embalse.
- Precipitación química en el mismo lago, añadiendo floculantes en sus aguas.

3.3.2. Hidrólisis del TPP

El TPP tiene tendencia a descomponerse hidrolíticamente en mono y difosfato en el proceso de atomización. Esto puede controlarse y mantenerse dentro de unos límites dependiendo del tipo de TPP que se trate, de la calidad técnica de la instalación de atomización y de la formulación final del detergente a la que se quiere llegar.

Ante las exigencias, se han elegido dos caminos para intentar solucionar el problema:

22. Optimización y/o modificación del comportamiento de hidratación del TPP en la pasta Slurry de los detergentes en polvo. A continuación, se mencionan diversas alternativas:

- Adición del TPP en la pasta durante la etapa final de mezclado.
- Adición de pequeñas proporciones, de cera dispersada en agua.

- Adición de TPP y vapor de agua durante la etapa final de secado.
 - Utilización de un TPP con una rápida velocidad de hidratación.
23. Realizar un mezclado secundario del fosfato con el producto atomizado, con lo cual se evita la exposición térmica del TPP durante la preparación de la pasta y la posterior atomización. Las distintas alternativas son:
- Adición del TPP o de la mezcla TPP-SO₄Na₂ al producto atomizado.
 - Adición del TPP hidratado, a temperaturas moderadas y con una densidad adecuada al producto atomizado.
 - Usar una mezcla TPP-zeolita para mezclado en seco con el detergente.

3.3.3. Consistencia de las pastas de detergentes que contienen TPP

La consistencia de la pasta, influye en el diseño y control de las operaciones de mezclado, transporte y atomización.

Se parte de una pasta acuosa en la que tiene lugar la reacción entre el TPP y el agua presente. La reacción de hidratación depende de varios factores y afecta a la eficacia del proceso, a las propiedades del detergente y a la consistencia de la pasta.

Ante los problemas planteados, la industria de detergentes debe de seguir los siguientes pasos:

24. Intensificar la investigación de la búsqueda de posibles sustituyentes del Tripolifosfato pentasódico.
25. Control de proceso de fabricación, que tiene una doble finalidad:
- Asegurarse que el fósforo autorizado y presente esté en forma de Tripolifosfato pentasódico hexahidratado.
 - Caracterizar las pastas de detergente que contienen tripolifosfato, y aquellas formulaciones en las que se sustituya dicho producto por otros coadyuvantes.

Una reducción de la consistencia de la pasta, es un factor favorable por los siguientes motivos:

- Favorece la reacción de hidratación, reduciendo el tiempo de exposición del producto anhidro en un medio alcalino y atenuando su descomposición hidrolítica.
- Permite operar con pastas de elevada concentración de sustancias sólidas, lo cual disminuiría los gastos energéticos.

3.4. Legislación

El reglamento (CE) nº 648/2004, de 31 de marzo de 2004, establece normas destinadas a lograr la libre circulación de detergentes y tensioactivos para detergentes en el mercado europeo, garantizando al mismo tiempo una elevada protección del medio ambiente y de la salud humana.

Los anexos III y VII del reglamento anterior, han sido modificados. Estos anexos establecían métodos de ensayos de biodegradación, normas de etiquetaje e informaciones sobre sus ingredientes, que ha sido derogado por el reglamento (CE) nº 907/2006, de 21 de junio 2006.

CAPÍTULO 4:

PROYECTO DE FIN DE

CARRERA I

4.1. Problema

Este proyecto consiste en diseñar una planta automatizada con producción horaria de 10 Toneladas de Detergente en polvo para lavado de ropa. A parte, formular y obtener dodecilbencenosulfonato sódico. Se diseñara una planta y un proceso siguiendo las normativas y legislaciones pertinentes. Finalmente, se realizará un estudio económico para conseguir una producción rentable.

4.2. Detergentes y jabones

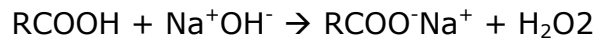
Los detergentes y los jabones son productos que eliminan la suciedad de los objetos. La diferencia está en la composición, proceso de fabricación, la facilidad o dificultad de limpiar con aguas duras y la eficacia de la limpieza.

En este apartado se realiza una comparación de los detergentes y jabones. Además, de explicar porque se formulará y obtendrá el dodecilbencenosulfonato sódico, componente principal de los detergentes.

4.2.1. ¿Qué es un jabón?

Un jabón es una sustancia formada por dos extremos, uno denominado hidrófobo que se une a las moléculas de grasa y el otro, llamado hidrófilo, que se une al agua. Esta estructura hace disolver la grasa en agua.

El proceso de saponificación, es el proceso de obtención del jabón, que consiste en reaccionar un ácido graso de cadena larga con hidróxido de sodio, compuesto básico, para formar una sal de ácido graso, jabón, y agua. La reacción de saponificación es:



En la siguiente figura se aprecian las diferentes partes del jabón.

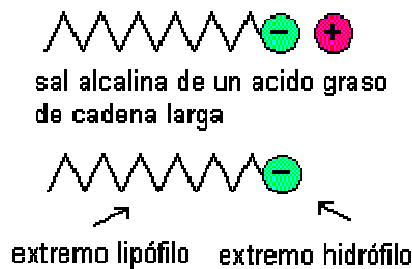


Figura 4.1. Forma esquemática del jabón.

La parte hidrófoba, es la cadena larga de un ácido graso, la otra, es el carboxilato COO^- .

A continuación, se representa una micela de jabón, es la interacción de diferentes moléculas de jabón. La parte no polar está en el interior y la parte polar está en el exterior para interaccionar con el agua. Las diferentes moléculas de jabón están situadas en el espacio de forma de estrella para que la repulsión de cargas negativas sea mínima.

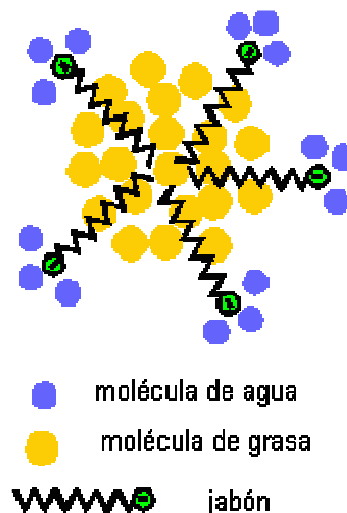


Figura 4.2. Representación esquemática de una micela de jabón.

2RCOOH (ácido graso), Na^+OH^- (hidróxido de sodio), RCOO^-Na^+ (Éster de sodio), H_2O (agua).

1.

4.2.2. ¿Qué es un detergente?

Los detergentes están compuestos de varias sustancias. La sustancia principal de detergente es parecido al de un jabón, porque tiene una cadena larga hidrófoba y un extremo terminal hidrófilo. Normalmente, es un compuesto derivado del petróleo. Esta sustancia se denomina tensioactivo o surfactante.

Los detergentes se han ido reemplazando por los jabones porque actúan mejor en aguas duras, esto es un inconveniente para los jabones.

En la siguiente tabla, se observan las ventajas y desventajas de los detergentes y jabones.

Tabla 4.1. Ventajas y desventajas de los detergentes y jabones.

Factores	Detergente	Jabón
Agua dura	Fácil limpieza	Difícil limpieza
Componentes	>1	1
Coste	Elevado	Bajo
Eficacia de lavado	Elevada	Baja
Espacio	Grande	Pequeño
Proceso	Elaborado	Simple
Ropa amarillenta	No	Sí

En la imagen de más abajo, se observa que la molécula de detergente y jabón son muy similares.

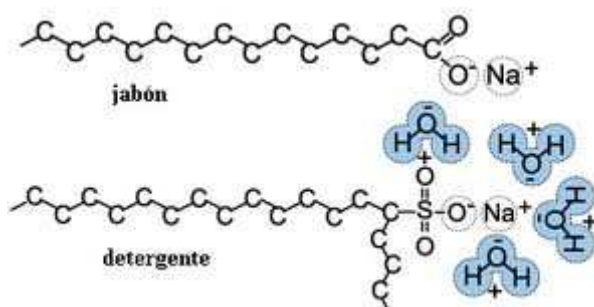


Figura 4.3. Diferenciación de la molécula de detergente con la del jabón.

Los detergentes están formados básicamente de tres componentes, el componente tensioactivo, el coadyuvante y el auxiliar:

26. Agente tensioactivo: Mencionado anteriormente tiene las siguientes propiedades:

- Detersivo
- Espumante: forma espuma
- Capacidad de solubilizar
- Humectante: Disminuye la tensión superficial e interfacial, es decir, mejora el mojado de los tejidos para facilitar el lavado y separa las partículas indeseadas y que estás no vuelvan a depositarse en los tejidos.
- Dispersantes

Se distinguen diferentes tensioactivos dependiendo de la cadena hidrofílica:

d) Aniónicos: Molécula hidrofílica cargada negativamente. Más utilizado a nivel doméstico. Ejemplos: Dodecilbenceno sulfonato de sodio, jabón, acil-lactitato sódico.



Figura 4.4. Dodecilbenceno sulfonato de sodio

El dodecilbenceno sulfonato de sodio puede ser lineal como la figura 4, o con tres radicales, o con un radical...

- e) Catiónicos: Molécula hidrofílica cargada positivamente. Tienen propiedades desinfectantes pero no lavan tan bien. Ejemplos: Acil-aminoácidos, Aquil imidazolina, Aminas etoxiladas.
- f) No-iónicos: Molécula hidrofílica sin carga. Se utilizan para vajillas. Ejemplos: Ácido abiótico, Dimetil éter del ácido tetradecil fosfónico, Glicerol diester (diglicérido).

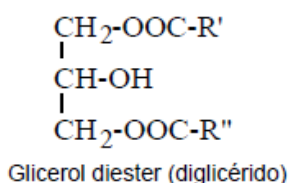


Figura 4.5. Fórmula del Diglicérido

g) Anfóteros: Son tensioactivos que actúan como ácido o base dependiendo con qué molécula se encuentren. Son empleados para la piel. Ejemplos: anfoacetato con contenido en sal, anfopropionato sin contenido en sal, entre otros.

27. Agente coadyuvante o builders: Componente o componentes que ayudan o refuerzan el poder del tensioactivo. Los agentes coadyuvantes son:

- Polifosfatos: Ablandan el agua y permiten lavar en aguas duras.

- Silicatos solubles: Ablandan el agua, dificultan la oxidación de acero inoxidable o el aluminio.
 - Carbonatos: Ablandan el agua.
 - Perboratos: Blanquea muchas.
28. Agente auxiliar: Son aquellos componentes que dan un aspecto de cara al consumidor. Los agentes auxiliares son:
- Sulfato de sodio: Evita que el polvo se apelmace facilitando su manejo.
 - Agua.
29. Agente aditivos. Componentes complementarios al detergente que aportan características ajenas al poder detergente. Como por ejemplo:
- Sustancias fluorescentes: Absorben luz ultravioleta y emiten luz visible azul, es decir, contrarresta la tendencia natural de la ropa a ponerse amarilla.
 - Enzimas: Rompen las moléculas de proteína, eliminando manchas de restos orgánicos como leche, sangre, etc.
 - Carboximetilcelulosa: Es absorbida por los tejidos e impide, por repulsión eléctrica, que el polvo se adhiera a los mismos.
 - Estabilizadores de espuma
 - Colorantes
 - Perfumes

Como el objetivo es fabricar un producto para el lavado de la ropa eficaz, se fabricará y formulará el detergente y no el jabón.

El agente tensioactivo más utilizado en la fabricación de detergente en polvo es el dodecilmecenosulfonato sódico. Este tensioactivo aniónico será lineal para que sea biodegradable.

4.3. Antecedentes

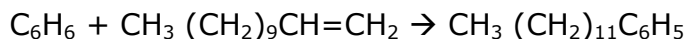
En 1790 Nicolás Leblanc sintetizó el jabón, provocando una revolución, tanto al comercio como a la industria química. Más tarde, 1916 se puso a la venta el primer detergente comercializado con el nombre Nelka.

Actualmente, en los puntos de venta de productos de limpieza se encuentran detergentes en crema, líquido, sólido, para el lavavajillas, lavadora, piel...una gran diversidad para el consumidor.

Hay tres métodos de obtención de detergente en polvo a nivel industrial, pero el proceso que se ejecuta es el secado por atomización, ya que el producto confiere una homogeneidad más elevada que en los otros métodos y la densidad de los gránulos es la deseada por el fabricante.

El dodecilmeceno sulfonato de sodio (ver figura 4.4) se obtiene mediante diversos pasos:

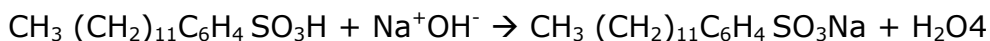
- Alquilación.



- Sulfonación.



- Neutralización.



Actualmente, algunas fábricas de detergente en polvo optan por comprar el ácido dodecilbencenosulfónico a las industrias petroleras y sólo tiene que añadir el hidróxido de sodio, para neutralizarlo.

Los detergentes en polvo modifican las propiedades del agua y del subsuelo causando graves problemas. Hay muchos estudios de los motivos por lo cuales los detergentes afectan al medioambiente. Los dos motivos más grandes son la espuma y el polifosfato.

4.4. Enfoque

Se tratar de diseñar una planta automatizada de detergente en polvo con una producción horaria de 10 toneladas.

La composición del detergente será la más demanda por el consumidor y que sea eficaz. También, intentar que sea lo menos contaminante.

El proceso estará controlado para permitir una seguridad, mejora de producción e implantación de las nuevas tecnologías. Se instalarán todo tipo de realimentaciones, purgaciones, evacuaciones para no desperdiciar material y que la planta tenga un impacto medioambiental menor en su entorno.

Se buscará una nave construida, extensa y de gran altura, para facilitar el trabajo, la instalación, una puesta en marcha mucho antes, para posibles ampliaciones y poder ubicar la maquinaria necesaria sin tener en cuenta al altura.

La fábrica estará situada lejos del entorno urbanístico para que afecte lo menos posible el ruido, los posibles olores, pero comunicada para que los empleados puedan ir a trabajar y poner la planta en marcha.

4.5. Requirimientos de diseño a tratar

En este apartado se pretende exponer todos los puntos que hay que tener presente para fabricar un producto cualquiera. Como: la composición, las

3 Ver apartado 2.2.

4 C_6H_6 (benceno), $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_9\text{CH}=\text{CH}_2$ (dodeceno), $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_5$ (dodecilbenceno), $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_4 \text{SO}_3\text{H}$ (ácido dodecilbencenosulfónico), $\text{CH}_3 (\text{CH}_2)_{11}\text{C}_6\text{H}_4 \text{SO}_3\text{Na}$ (dodecilbencenosulfonato de sodio).

materias, el proceso, medio ambiente, almacenaje y transportes de las sustancias.

4.5.1. Composición

La composición de un producto es una característica importante, para su finalidad, manipulación, medioambiente y cuestiones comerciales, por este motivo se debe realizar un estudio de la composición del detergente a obtener. Se pueden partir de las siguientes vías para la composición del detergente en polvo:

- Composición del detergente inventada: Es aquella que a través de unos estudios previos, se realiza una composición de detergente.
- Composición del detergente patentada (marcas conocidas): Buscar la composición de detergente en polvo de las marcas comerciales.
- Composición del detergente patentada (marcas no conocidas): Es una composición de detergente en polvo patentada pero que no va dirigida a ninguna empresa en concreto, va por libre.
- Composición del detergente aproximada de marcas conocidas (en sí no patentada): A partir de datos históricos de las composiciones de diferentes marcas conocidas realizar nuestra composición.

En el apartado 5.1, se desarrollan las vías anteriores.

4.5.2. Materias primas

Para determinar las materias primas necesarias se debe partir del producto final, dodecilbenceno sulfonato de sodio (DDBSNa), ya que es lo único que conocemos. De la figura "Dodecilbencenosulfonato de sodio", se observan cuatro partes diferenciadas, de izquierda a derecha, una cadena alifática, un anillo aromático, un sulfonato y un catión sódico.

Para obtener el DDBSNa hay tres maneras, son las siguientes:

30. Reacción de alquilación: Reacción de un benceno con el dodeceno. Luego, añadir un agente sulfonante y finalmente, el hidróxido de sodio.
31. Reacción de sulfonación del agente surfactante: Reaccionar el dodecilbenceno con un agente sulfonante, finalmente añadir el hidróxido de sodio.
32. Reacción de neutralización: Reaccionar el DDBSNa con el hidróxido de sodio.

Las reacciones están descritas en el apartado 4.3.

Un agente sulfonante es un compuesto oxidante y deshidratante como, el ácido sulfúrico, H_2SO_4 , el Oleúm ácido fumante, $(H_2SO_4 \cdot SO_3)$ y el anhídrido sulfúrico gaseoso ($SO_3 (g)$) y el ácido clorosulfónico.

Un agente surfactante es aquel que se va adicionar un agente sulfonante.

4.5.3. *Proceso*

Hay tres métodos para fabricar detergente en polvo:

33. Secado por atomización (Spray drying)

34. Neutralización en seco

35. Aglomeración

El método a ejecutar debe mezclar todos los ingredientes íntimamente, conseguir una densidad ($300-500\text{kg/m}^3$) por razones comerciales, no tener polvillo pero ser inmediatamente soluble en agua y un producto sólido tenga un 10% de agua.

4.5.4. *Medio ambiente*

El detergente en polvo vertido en las fuentes de agua y suelo hace cambiar la propiedad de éstas, esto es un inconveniente. Por ello, se intentará componer un detergente el que provoque menos impacto medioambiental.

Tensioactivo más ramificado menos biodegradable es, por eso, se ha elegido un tensioactivo lineal, el dodecilbenceno sulfonato de sodio, DDBSNa

Habrán muestreos de lotes en varios sitios del proceso, para emitir la cantidad mínima de emisiones a la atmósfera y al agua permitida por el ministerio.

Se instalarán conductos de reutilización, purgación y equipos de medición de gases (SO_x).

4.5.5. *Almacenaje*

Según fichas técnicas de cada producto.

4.6. **Análisis de requerimientos de diseño**

El análisis de requerimientos de diseño es el desarrollo de los requerimientos de diseño a tratar, es decir, desarrollar extensamente las posibles vías para la formulación o composición del detergente, las materias primas esenciales que se necesitan para fabricar el tensioactivo, como realizar el proceso, como afecta el proceso, la materias primas, materias intermedias y acabadas al medio ambiente y por último como se debe almacenar y transportar las sustancias para que no hayan accidentes.

4.6.1. *Composición*

Se analizan cada una de las vías mencionadas en el subapartado 4.5.1.

- Composición del detergente inventada:

Se debe diseñar una composición de detergente que tenga unas características concretas. "La característica que queramos". "Esto implica investigar mucho o datos históricos".

El mayor problema de la composición de detergente inventada es la incertidumbre de si será eficaz experimentalmente. Luego, está el tema de

patentarlo y a la hora de venderlo es un inconveniente, nadie conoce la marca y a día de hoy es difícil competir con Henkel, Ariel...

Por lo tanto, la descartamos, ya que no tenemos suficientemente tiempo.

- Composición del detergente patentada (marcas conocidas):

Se debe buscar la patente o comprarla de marcas comerciales conocidas, como Ariel, Henkel, Wipp...

Si optamos por esta vía, se realizará una planta destinada a la fabricación de detergente de la marca seleccionada (diseño de una delegación) pero no se mencionará la marca, queda en el anonimato, para no hacer propaganda de ella.

El problema es la privacidad de datos.

La ventaja es que la marca es conocida, competencia no muy difícil, se habla de venta del producto al consumidor y no de la situación de la fábrica en un lugar en concreto. También, se sabe que la composición funciona.

- Composición del detergente patentada (marcas no conocidas):

Es una composición de detergente en polvo patentada pero que no va dirigida a ninguna empresa conocida, va por libre.

Hay patentes que sólo son estudios y no son aceptadas por el ministerio.

Se debe buscar la patente y comprarla.

Problema igual que la primera vía, "Composición del detergente inventada"

A partir de la patente ES 2 1 63 606 T3, se ha diseñado la siguiente composición para fabricar 10000kg/h de detergente en polvo. Se podría mejorar reduciendo un 1 % de polifosfatos que son perjudiciales para el medio ambiente y añadiéndolo al agua, así obtener 10% de agua que es la composición en tanto por ciento de peso de agua estándar para un detergente en polvo.

Tabla 4.2. Composición en % peso y consumo en kg/h del detergente

Componente	Composición en % peso ⁵	Composición en % peso	Consumo kg/h
<i>Dodecilbenceno sulfonato de sodio</i>	6 al 12	10	1000
<i>Alcanosulfonatos</i>	0 al 7	-	-
<i>Tensioactivos aniónicos</i>	3 al 9	3	300
<i>Otros tensioactivos</i>	0 al 5	-	-

⁵ Según patente ES 2 163 606 T3.

<i>Jabones</i>	0 al 2	-	-
<i>Polímeros</i>	2 al 6	2	200
<i>Zeolita o tripolifosfato sódico</i>	17 al 46	25	2500
<i>Silicato sódico</i>	2 al 6	5	500
<i>Silicato magnésico</i>	0 al 2	-	-
<i>Carboximetilcelulosa</i>	0,8 al 1,2	1	100
<i>Fosfonato</i>	0,2 al 0,6	0,2	20
<i>Sulfato sódico</i>	0 al 25	12	1200
<i>Carbonato sódico</i>	5 al 15	7	700
<i>Perborato sódico</i>	15 al 25	16	1600
<i>Activador de peróxido</i>	3 al 5	3	300
<i>Inhibidor de espuma</i>	0,01 al 0,5	0,01	1
<i>Perfume, Blanqueador óptico, colorantes</i>	0,01 al 2	0,29	29
<i>Enzimas</i>	0 al 2	1	100
<i>Inhibidor de transferencia de colorante</i>	0,5 al 2	0,5	50
<i>Citrato sódico</i>	5 al 17	5	500
<i>Agua</i>	Resto	96	900
<i>TOTAL</i>	100	100	100007

Como la patente ES 2 163 606 T3 no dice exactamente la composición, se ha realizado un estudio comparativo con otros datos de posibles formulaciones de detergente en polvo. El porcentaje obtenido es la 3ª columna. La última

6 9% en peso de agua. Este valor, ha salido de restar el 100% de la base seca (todos los componentes menos agua).

7 El diseño de la planta se parte de 10 toneladas/h de detergente en polvo, es decir, 10000kg/h.

columna, indica el consumo kg/h de cada componente sabiendo que el objetivo es 10 toneladas/h de detergente.

El consumidor quiere que el detergente haga espuma porque se piensa que cuánta más espuma más efectivo es el poder de limpieza. Esto es erróneo.

El tensioactivo utilizado es de baja espuma.

Tabla 4.3. *Perfume, blanqueador óptico y colorante*

Perfume, Blanqueador óptico, colorantes	Composición en % peso	Composición en % peso	Consumo kg/h
Blanqueador óptico	-	0,08	8
Colorantes	-	0,01	1
Esencia perfumante	-	0,1	10
Total	0,01 al 2	0,29	29

En la tabla , el símbolo "-" significa que la composición no está especificada por la patente ES 2 163 606 T3, en cambio, en la tabla 3, significa que la cantidad de componente es nula.

- Composición del detergente aproximada de marcas conocidas (en sí no patentada):

A partir de datos históricos de las composiciones de diferentes marcas conocidas se realiza una composición.

El problema es comprar la patente, tener cuidado para no copiar la patente de la conocida para no caer en el fraude.

Las desventajas son que hay que hacer una patente, tener cuidado de no caer en el fraude por copia, luego, el consumidor no conoce la marca, puede provocar una difícil competencia. Una solución sería realizar un detergente en polvo de marca conocida de gama baja.

La ventaja es que sabemos que el funciona producto y no perdemos tiempo de saber si funciona o no. También, disponemos de más datos de la composición de los detergentes con esta manera.

Tabla 4.4. *Composición del detergente aproximada de marcas conocidas.*

Componentes	Proporción (%)	Consumo kg/h	Ejemplo
Agentes tensioactivos	20	2000	Surfactante aniónico

Constructores	15	1500	Polifosfato
Reguladores	15	1500	Silicato
Sustancias blanqueadoras	20	2000	Perborato sódico
Sustancias abrillantadoras	2	200	-
Encimas	0,5	50	Proteasa
Estabilizadores de espuma	0,5	50	-
Polímeros	2	200	-
Agua	10	1000	-
Otros	15	1500	Sulfato sódico
Total	100	10000	Detergente

4.6.2. Materias primas

En este apartado se analizará las diversas manera de obtener el DDBSNa y los agentes sulfonantes.

Las ventajas y desventajas de obtener el DDBSNa utilizan una u otra manera son:

36. Reacción de alquilación: Reacción de un benceno con el dodeceno. Luego, añadir un agente sulfonante y finalmente, el hidróxido de sodio.
37. Inconveniente, tener en cuenta muchas reacciones, productos químicos, maquinaria, más personal y más espacio.
38. Reacción de sulfonación del agente surfactante: Reaccionar el dodecilbenceno con un agente sulfonante, finalmente añadir el hidróxido de sodio.
39. La empresa PREMEX, empresa petrolera, en 1960 producía dodecilbenceno y cuatro más tarde empezó a producir del benceno, esto hace pensar que cuesta más fabricar el benceno que el dodecilbenceno. Luego, este método conlleva una reducción de espacio y menos maquinaria personal que el anterior.
40. Reacción de neutralización: Reaccionar el ácido dodecilbencenosulfónico, DDBSA, con el hidróxido de sodio.

Hay muy pocas empresas que compran el DDBSA a las industrias petroleras. La producción de DDBSA es muy pequeña, es un inconveniente, porque la fábrica a diseñar produce 1000kg/h. Se evitan reacciones, maquinaria, por lo tanto, espacio.

Ahora, analizaremos los distintos agentes sulfonantes.

h) El ácido sulfúrico, H_2SO_4 al 98%.

Se requiere una gran cantidad de ácido para conseguir un elevado porcentaje de sulfonación, como consecuencia traer un gran coste, separación de ácido no aprovechado y manejo de gran cantidad de un producto peligroso.

El agua producida, perjudica la reacción ya que al aumentar su concentración, disminuyendo la velocidad de sulfonación.

i) El Oleúm o ácido fumante, $(\text{H}_2\text{SO}_4.\text{SO}_3)$ al 20-25%:

Se añade una pequeña porción de este reactivo. No se necesita ninguna separación pero su manejo es difícil. No debe de contener más de un 0,01% de hierro. A mayores cantidades se produce un detergente amarillento que disminuye la calidad del producto.

Evita la acción de frenado del agua.

j) El anhídrido sulfúrico gaseoso (SO_3 (g)):

Se obtiene una mayor eficiencia pero el acondicionamiento es más complicado que las anteriores.

Es muy deshidratante y carboniza el producto.

k) El ácido clorosulfónico:

No es adecuado cuando el agente surfactante tiene un anillo aromático, porque se puede producir la cloración del anillo aromático.

4.6.3. Proceso

Hay tres métodos para llegar al producto deseado.

41. Secado por atomización (Spray drying):

Consiste en mezclar todos los ingredientes en una suspensión pastosa (slurry) que contiene 30% de agua y luego secar por atomización (spray drying) en una corriente de gases calientes. Es el método más utilizado ya que permite una perfecta homogeneización.

Sin embargo el costo energético del secado y el hecho de que ciertas sustancias como los blanqueadores, las enzimas e incluso ciertos surfactantes, no son estables al calor, han impulsado el desarrollo de dos otros procesos:

42. Neutralización en seco y el mezclado:

El proceso de neutralización en seco consiste en mezclar noiónicos y/o ácidos alquil sulfónicos y ácidos grasos con una carga de mejoradores alcalinos sólidos. Como no tenemos ácidos grasos lo descartamos.

El proceso no es adecuado para polvo de baja densidad, ya que con este método se consigue una densidad alta ($600\text{-}900\text{ kg/m}^3$), menor cantidad de detergente por envase.

Se puede combinar con el proceso de secado por atomización.

43. Aglomeración de sólidos:

Consigue una densidad del 500kg/m^3 mediante una tecnología compleja.

Sin embargo ninguno de estos dos últimos métodos ha logrado todavía suplantar el primero.

Falta por determinar la duración total del proceso, un punto muy importante en la fabricación en serie.

La maquinaria e instrumentación aproximada es:

- Tolvas
- Atomizador
- Reactores
- Tanque de emergencia
- Bombas
- Conductos
- Cinta transportadora
- Tamices
- Dosificación aditivos líquidos
- Dosificación aditivos sólidos
- Dosificación de detergente en polvo
- Depuradoras
- Analizadores
- Ciclones
- Intercambiadores de calor
- Filtros
- Controlador/sensor de temperatura
- Medidor de pH
- Caudalímetros
- Básculas
- Detectores de nivel

4.6.4. Medio ambiente

Se diseñará un detergente en polvo que sea el menos contaminante posible. Dos problemas más importantes del medio ambiente provocados por los detergentes son en el medio acuático y el subsuelo por la espuma y los polifosfatos.

La formación de espuma puede corregirse por eliminación de la lluvia, el riego a baja presión, vibraciones acústicas, antiespumantes o utilizando detergentes poco o nada espumosos. SOLUCIÓN: se diseña un detergente poco espumoso y con antiespumante.

El consumidor prefiere un detergente con mucha espuma para que limpie mejor la ropa, pero la espuma del detergente no viene relacionada con su poder detergente.

La composición a diseñar no tendrá un tensioactivo no-iónico, ya que es un agente espumante.

La silicona, polímero, es antiespumante, pero está, siempre va acompañada del carbonato de sodio en vez del polifosfato de sodio.

El carbonato de sodio se emplea en algunas formulaciones exentas de fosfatos, junto a silicatos. Inconveniente alto poder corrosivo y elevado pH.

Polifosfatos son muy tóxicos para el medio acuático, una alternativa son las zeolitas ya que se utilizan para la misma finalidad y se eliminan mediante procesos de tratamiento de agua. Los inconvenientes de las zeolitas son: caras, poca efectividad, no poseen propiedades dispersantes, tienen dificultad de mantener el pH alcalino.

4.6.5. Almacenaje

Los productos a tener en cuenta son: Materias primas, intermedias y producto acabado.

44. Materias primas

- Dodecibenceno: Combustible.
- Hidróxido de sodio, NaOH: Separar de los ácidos fuertes, metales y materiales combustibles. Se tiene que guardar en un lugar cerrado y seco. El suelo tiene que ser de hormigón por si hay vertimiento de NaOH que no destruya el suelo.
- Oléum: Separar de sustancias combustibles y agentes reductores, aire seco y ventilación. Corrosivo

45. Materia intermedia y producto acabado

- Envasarlo de tal forma que no puedan absorber humedad. Sitio seco.

4.7. Soluciones tecnológicas

La solución tecnológica de cada requerimiento que se ha mencionado y se ha analizado será aquella más viable y más utilizada por la industria.

4.7.1. Composición

De las cuatro vías, se elige la última, "Composición del detergente aproximada de marcas conocidas" por las ventajas que tiene, se corta reduce el tiempo de investigación. Por lo tanto, se diseñará un detergente de en polvo de una marca conocida de gama baja, por tener una aproximación de ella.

Esto no quiere decir que no se va a realizar un estudio completo de cada una de los componentes de nuestra composición y de otros que podría llevar.

4.7.2. Materias primas

Una vez tenido en cuentas las ventajas y desventajas de los métodos de obtención del dodecibencenosulfonato de sodio y del agente sulfonante, las materias primas son: dodecibenceno, oléum e hidróxido de sodio.

En este proyecto se llevará la segunda manera de obtención del DDBSNa por sus ventajas. El agente sulfonante a utilizar será el anhídrido sulfúrico porque el rendimiento es mucho más elevado que los demás agentes sulfonantes y por la dificultad de instalar un proceso de acondicionamiento.

4.7.3. Proceso

Actualmente, en todas las industrias detergentes en polvo se realizar el primer método, porque se consigue una perfecta homogeneización, pero un coste energético del secado elevado y los componentes auxiliares del detergente en polvo se ven afectados negativamente con el calor, su poder disminuye, por ello, se han desarrollado los otros dos métodos.

El proceso que se va llevar a cabo es el primero "Secado por atomización" por las ventajas que tiene y por el estudio energético que se puede realizar y por tener más información.

4.7.4. Medio ambiente

Se diseña un detergente poco espumoso y con antiespumante.

El consumidor prefiere un detergente con mucha espuma para que limpie mejor la ropa, pero la espuma del detergente no viene relacionada con su poder detergente.

La composición a diseñar no tendrá un tensioactivo no-iónico, ya que es un agente espumante.

Se elegirá una mezcla de carbonatos y silicatos de sodio en vez de los otros coadyuvantes porque son menos contaminantes y la mezcla de los dos potencian sus propiedades detergentes.

4.7.5. Almacenaje

Todo producto líquido o viscoso almacenado en tanques, mientras que el producto sólido, en tolvas o sacos. Todo esto encima de pales universales o isopales.

Se realizará un empaque de cartón y no de bolsas de plástico porque éstas empeoran el medioambiente y porque la gran mayoría de detergente en polvo se comercializa en cartón. El empaque de las bolsas se realizan mediante el llenado de los paquetes por volumen, y no por peso, en cambio, empaque en cartón el llenado se realiza por peso, donde la densidad juega un papel importante en el llenado por peso. El envase será de 10 kilos, por lo tanto, se necesitarán 1000 paquetes a la hora.

El dodecibenceno estará lejos de hidróxido de sodio y del oléum, pero éstos dos últimos estarán ubicados en el mismo sector.

Finalmente, debe de haber una buena ventilación en todos los reactivos y productos de almacenamiento.

4.8. Área y emplazamiento de la planta

Para determinar el área de la planta se ha realizado el estudio siguiente:

4.8.1. *Empaque*

Sabiendo que el detergente en polvo a obtener tiene unos 500 kg/m^3 , las medidas del envase de detergente en polvo son $15 \times 30 \times 40 \text{ cm}^3$, es decir, un volumen de 18000 cm^3 , y en metros cúbicos, $0,018 \text{ m}^3$ y el peso del envase con el producto son 10 kg .

Por lo tanto, en un metro cúbico hay 500 kg de detergente (un metro cúbico ocupa un metro cuadrado).

4.8.2. *Ocupación de material*

El volumen que ocupa 10000 kg/h de detergente en polvo son 20 m^3 , entonces el área es 20 m^2 , realizando pilas de un metro de altura, pero si realizan pilas de medio metro de alto, el área será 40 m^2 (un piso normal son 80 m^2).

Medidas de un pale universal, 1 m ancho por $1,2 \text{ m}$ de largo, la altura no interesa porque no ocupa.

En una hora ocupamos 40 m^2 de fábrica, ¿cuántos metros cuadros de pales serán?

1×1 , $2 \times 40 = 48 \text{ m}^2$ y lo redondeamos a 50 m^2 , siempre a la alza. Por lo tanto, ocupamos 50 m^2 para una hora de producción.

Material distribuido en áreas:

- Fabricado 50 m^2
- Por fabricar 50 m^2
- Curso 50 m^2

Salida de trailers:

Un trailer que pueda llenar 30000 kg de detergente en polvo. Y lo cargamos con dos horas de producción de detergente en polvo para que no se cargue del todo.

Por lo tanto, en dos horas el nivel de ocupación será:

- Fabricado 100 m^2
- Por fabricar 100 m^2
- Curso 100 m^2

Pero se necesita espacio por si se retrasa el camión, esto implica, ampliar 200 m^2 fabricado y por fabricar. El otro no ocupa nada porque el material esta en las máquinas y el material que está en los tubos tampoco porque se diseñará una instalación de tuberías que no ocupe espacio (por arriba, subterráneo...). Una cosa es que el material no ocupe nada, otra que las máquinas si que ocupen, por

lo tanto, se debe de realizar una lista de maquinaria y equipos que se necesitan para fabricar detergente en polvo.

El lista aproximado de maquinaria y equipos está en el subapartado 4.6.3

Entonces, el espacio será:

- Fabricado 200 m²
- Por fabricar 200m²
- Maquinaria 1500 m²

4.8.3. Área planta

Con este estudio y en base a otros proyectos, 4000metros construidos.

En la siguiente lista se muestra una idea aproximada de los diferentes sectores que contendrá la planta a diseñar:

- Almacén materias primas y productos acabados
- Fábrica
- Laboratorio
- Oficinas
- Vestuarios / Lavabos
- Sala de control
- Taller
- Recepción de camiones (entrada y salida camiones)
- Parking

4.8.4. Emplazamiento

Estará situada la planta en un sitio amplio y fuera de la zona urbana, es decir, alrededor de la ciudad. Es imposible ubicar 10000 m² en una zona urbanística, por el espacio, emisión de toxinas, ruido y el precio del terreno.

La planta se instalará fuera del alcance de otras plantas de detergentes por temas de competencia pero se intentará dentro de lo posible que éste cerca de las productoras de materias primeras.

La planta estará situada en "Pol Ind Pla de Palou C / Palautordera, 24 Granollers (Barcelona)".



Figura 4.6. Situación planta en Granollers, Barcelona

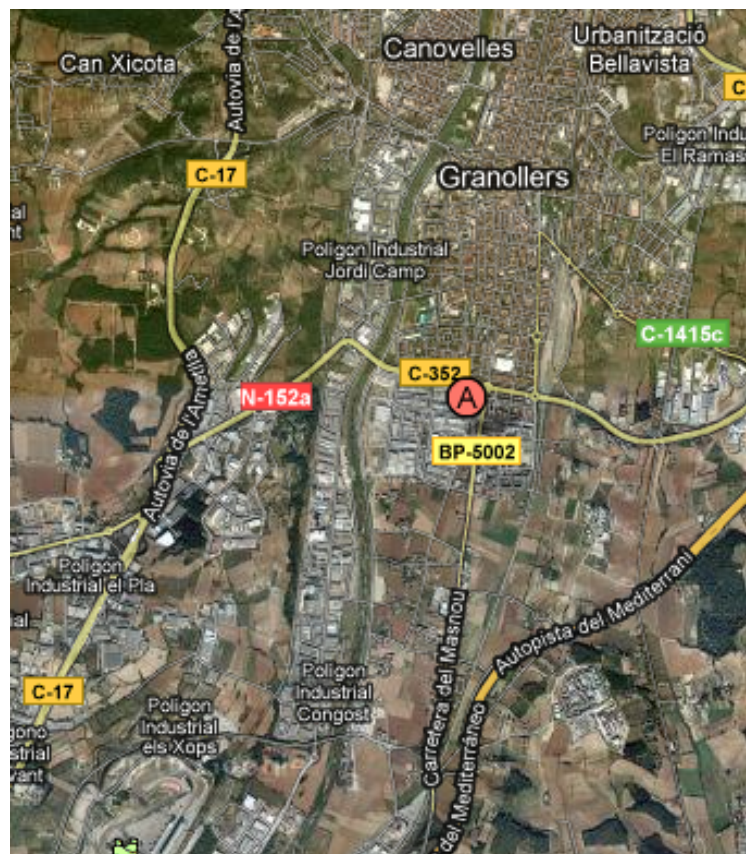


Figura 6. 7. Situación planta Granollers (Barcelona).

Comunicación por autopista A-7 y autovía C-17 a Barcelona y autovía C-60 a Mataró y Badalona.

Se ha escogido una nave construida por lo comentado en el apartado 1.3, y sus características de la nave son:

- Estructura de hormigón.
- Cuatro puertas seccionales.
- Dos muelles de carga hidráulicos.
- Acceso desde dos calles.
- Ventanas de aluminio doble vidrio.
- Altura útil interior de 7 m.
- Altura útil interior 2ª planta de 5 m.
- Lavabos y vestidores a la nave.
- Instalación eléctrica y climatización.
- Instalación mangueras de contra incendios.
- Aire acondicionado.
- Dos montacargas.
- Patio privado con zona de maniobra.
- 34 plazas de parking



Figura 4.8. Interior de la nave

4.9. Planificación PFCII

En este apartado se detallará brevemente la planificación que se realizará en el proyecto de fin de carrera II:

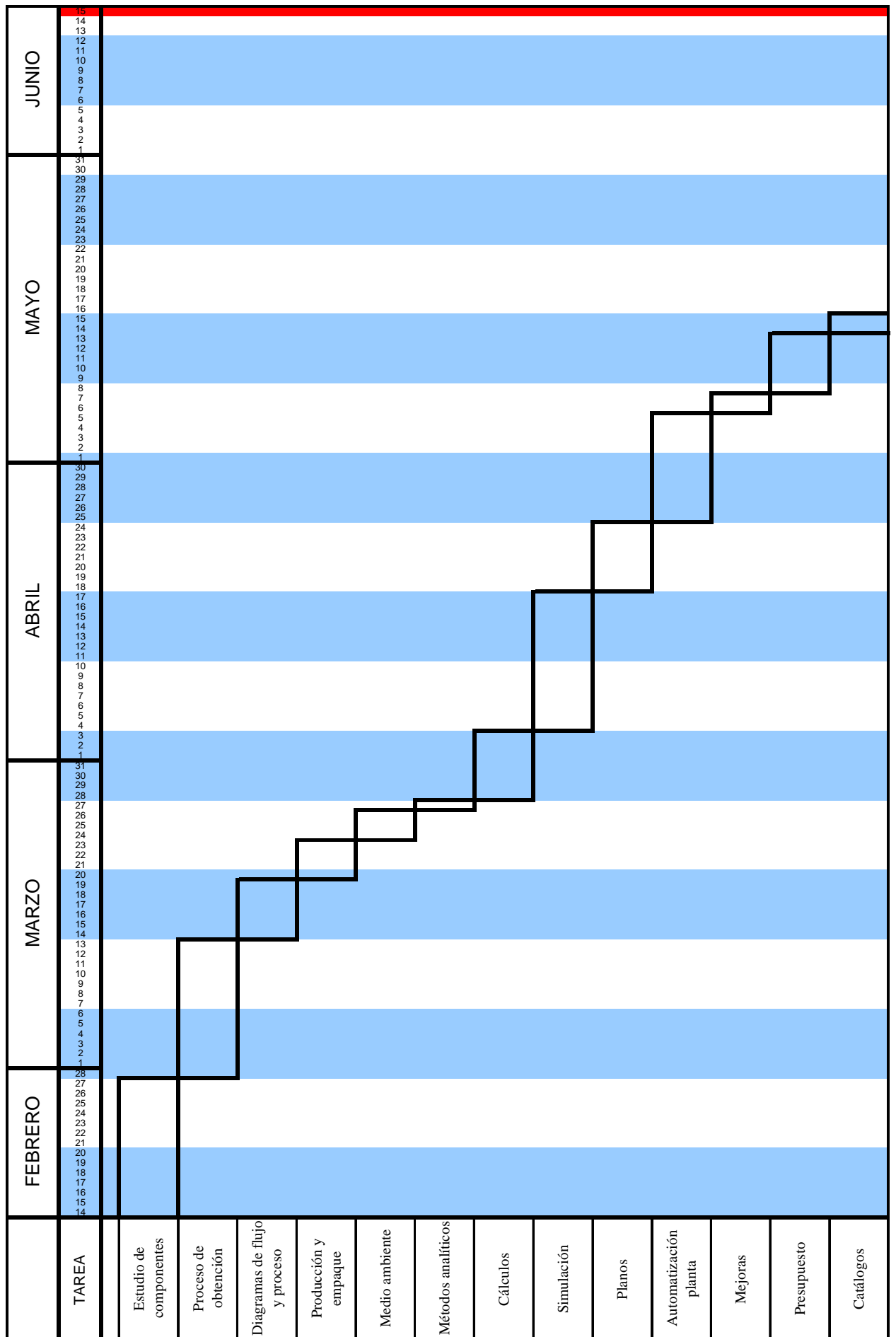
4.9.1. Etapas de de desarrollo PFCII

El PCFII consta de las siguientes etapas:

- Estudio de los componentes del detergente
- Proceso de obtención
- Diagrama de flujo y de proceso
- Producción y empaque
- Medioambiente
- Métodos analíticos
- Cálculos
- Programa de simulación
- Planos
- Automatización planta
- Mejoras
- Presupuesto
- Catálogos

4.9.2. Diagrama de Gantt

Diagrama 4.1. *Gantt*



4.10. Presupuesto PFCI

En un año hay 52 semanas. Se pretende hacer el proyecto en 13 semanas. Esto corresponde a un porcentaje del 25% de un año trabajado.

Se trabajará 4 horas diarias, por lo tanto, 364 horas en 13 semanas.

A continuación, se refleja el presupuesto para el desarrollo del proyecto:

Tabla 4.5. Presupuesto

	Concepto	Valor	Unidad
Autocad	Coste anual de autocad 2010	5000	€
	Porcentaje anual de utilización en el proyecto	0,25	
	Total	1250	€
Excel	Coste anual de excel	9000	€
	Porcentaje anual de utilización en el proyecto	0,25	
	Total	2250	€
Horas de trabajo	Coste horario	30	€/h
	Número de horas trabajadas	364	h
	Total	10920	€
TOTAL		14420	€

En conclusión, son 14.420 euros de presupuesto.

CAPÍTULO 5:AUXILIAR

CÁLCULO

5.1. Fomulario

En este anexo se indican las fórmulas que se han aplicado para realizar los cálculos y la simulación.

5.1.1. *Balance macroscópico de materia*

La ecuación matemática del balance de macroscópico de materia en estado estacionario (ni la masa ni los moles varía con el tiempo) para el componente j, en un volumen V es:

$$0 = \sum_m W_{m,j} + R_j \quad (1)$$

Donde:

n_j : Cantidad del componente j existente en el volumen V en el instante t, kg o kmol.

$W_{m,j}$ Caudal del componente j a la corriente m de entrada (valor positivo) o de salida (valor negativo), kg o kmol por segundo.

R_j Caudal de generación positivo o negativo del componente j, kg o kmol por segundo.

Se utilizará unidades de kmol:

$$R_j = \sum_i \nu_{i,j} \cdot R_i \quad (2)$$

Donde:

$\nu_{i,j}$: Coeficiente estequiométrico del componente j a la reacción i (valor positivo para productos y valor negativo para reactivos).

R_i : Caudal de generación de la reacción i.

El balance macroscópico de materia global es la suma de las N ecuaciones de cada componente:

$$0 = \sum_m W_m + \sum_j R_j \quad (3)$$

$\sum_j R_j$: es siempre cero en unidades másicas, pero no es el caso en unidades molares, porque puede haber una variación de moles no neta en las reacciones químicas.

5.1.2. Balance de macroscópico de energía

Para un sistema gaseoso ideal, a presión constante (considerar despreciable las variaciones, de entrada y salida de energía cinética y potencial).

La ecuación matemática del balance de macroscópico de energía en estado estacionario (ni la masa ni los moles varía con el tiempo) para el componente j, en un volumen V es:

$$0 = \sum_m W_m \cdot Cp(T_m - T^*) + \sum_i R_i \cdot (\Delta H^\circ_i) + Q \quad (4)$$

Donde:

W_m : Caudal de la corriente m de entrada (valor positivo) o de salida (valor negativo), kg o kmol por segundo.

Cp : Capacidad calorífica a presión constante kJ/(kg°C).

T_m : Temperatura de la corriente m, °C.

T^* : Temperatura de referencia, °C.

R_j Caudal de generación positivo o negativo del componente j, kg o kmol por segundo.

ΔH°_i : Variación de entalpía estándar de la reacción (calor) y por unidad de masa, kJ/kmol

Q : Caudal de calor intercambiado entre el sistema y el alrededor (entra: positivo o sale: negativo), J por segundo.

5.1.3. Intercambiador de calor

- La cantidad de calor intercambiado de entre los dos fluidos:

$$\left(\frac{q}{\theta}\right)_{\text{perdido por fluido caliente}} = \left(\frac{q}{\theta}\right)_{\text{transferido al fluido frío}} \quad (5)$$

$$W_{fc} \cdot Ce_{fc} \cdot (\Delta t)_{fc} = W_{ff} \cdot Ce_{ff} \cdot (\Delta t)_{ff} = \left(\frac{q}{\theta}\right)$$

Donde:

$\left(\frac{q}{\theta}\right)$: Calor

W: Caudal másico o molar, kg o kmol por tiempo.

fc: Fluido caliente

ff: Fluido frío

Ce: Capacidad específica, kJ/(kg°C)

Δt : Incremento de temperatura (final - inicial), °C.

$$\left(\frac{q}{\theta}\right) = U \cdot A \cdot (\Delta T)_m \quad (6)$$

Donde:

U: Coeficiente de transmisión de calor, kJ/(h°Cm²).

A: Área del intercambiador, m².

$(\Delta T)_m$: Media logarítmica, °C

$$(\Delta T)_m = \frac{(T_{1,fc} - T_{1,ff}) - (T_{2,fc} - T_{2,ff})}{\ln\left(\frac{T_{1,fc} - T_{1,ff}}{T_{2,fc} - T_{2,ff}}\right)} = \frac{(\Delta T)_1 - (\Delta T)_2}{\ln\left(\frac{(\Delta T)_1}{(\Delta T)_2}\right)} \quad (7)$$

E: Temperatura de entrada

S: Temperatura de salida

- El caudal másico del fluido frío es:

$$W_{ff} = \frac{Q}{Cp_{,ff} \cdot \Delta T_{,ff}} \quad (8)$$

- El caudal volumétrico será:

$$q = \frac{W}{\rho} \quad (9)$$

Donde:

q: Caudal volumétrico, m³/h, l/s...

ρ : Densidad, kg/l, kg/m³

5.1.4. Transporte de fluidos

- Velocidad (u):

$$u = \frac{q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} \quad (10)$$

Donde:

u: Velocidad del fluido, m/s

q: Caudal volumétrico, m³/h

D: Diámetro, m

46. Ecuación de Bernoulli:

$$h_1 - h_2 + \frac{u_1^2 - u_2^2}{2 \cdot g} + \frac{P_1 - P_2}{\gamma} \pm W_o - h_f = 0 \quad (11)$$

Donde:

h₁-h₂: Diferencias de alturas (inicial - final), m

u: velocidad, m/s

g: Gravedad, 9,8m/s²

P: Presión, atm

γ : Volumen específico, m³/kg

W_o: energía aportada o extraída del sistema por alguna bomba o aparato entre los puntos 1 y 2, metros de columna de agua

h_f: pérdida de carga

- Pérdida de carga (h_f):

$$h_f = f \frac{L_{eq} \cdot u^2}{2 \cdot g \cdot D} \quad (12)$$

h_f: Pérdida de carga, m

f: Coeficiente de Fanning, adimensional

L_{eq}: Lances + Lgeométrica (longitud tubería), m

- Potencia de la bomba:

$$N = \frac{q \cdot W_o \cdot \gamma}{\left(\frac{75 \frac{kg(f) \cdot m}{s}}{CV} \right) \cdot \eta} \quad (13)$$

Donde:

N: Potencia de la bomba, CV

η : Rendimiento de la bomba.

5.2. Tablas auxiliares de cálculo

Tabla 5.1. Identificación de las materias primas principales

Fórmula	Nomenclatura	Abreviaciones
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H$	Ácido dodecilbencenosulfúrico	DDBSO3/LAS
$C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$	Dodecilbencenosulfonato de sodio	DDBSO3Na
$C_{12}H_{25}C_6H_5$	Dodecilbenceno	DDB
H_2O	Agua	
H_2SO_4	Ácido sulfúrico	
$H_2SO_4 \cdot SO_3 / H_2S_2O_7$	Oleum/ Ácido fumante	
Na_2SO_4	Sulfato de sodio	
SO_3	Trióxido de azufre/ Anhídrido sulfúrico	
$NaOH$	Hidróxido de sodio/ Sosa cáustica	

Tabla 5.2. Formulación de detergente en polvo

Sustancia	Proporción	Kg/h detergente	Pack 2 kg	
Dodecylbencenosulfonato de sodio	20,0	2000	40	Producción
Carbonato de sodio	15,0	1500	30	Adición antes del secador
Silicato de sodio	15,0	1500	30	
Peroxocarbonato de sodio	20,0	2000	40	
Cumarina	1,2	120	2	
TAED	0,8	80	2	
Silicona	0,4	40	1	
Carboximetilcelulosa	2,0	200	4	
Agua	10,0	1000	20	
Sulfato de sodio	15,0	1500	30	
Perfume	0,1	10	0	Adición después del secador
Proteasas, lipasas, celulosas...	0,5	50	1	
	100,000	10000	2	

Tabla 5.3. Datos esenciales para los cálculos

Componente	PM (kg/kmol)	Cp kJ/(kmol°C)	Cp kJ/(kg°C)	ΔH°_f (kJ/kmol)	ρ (kg/m ³)
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₅	246	824,99	3,35	-228,79	840,00
H ₂ SO ₄ .SO ₃	178	249,73	1,40	-3826,31	1830,00
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ H	326	996,58	3,06	-113,85	1229,00
H ₂ SO ₄	98	138,67	1,42	-8163,27	1927,00
H ₂ O _(l)	18	75,50	4,18	-285500,00	1000,00
H ₂ O _(v)	18	33,46	1,86	-241830,00	1000,00
NaOH	40	80,40	2,01	-426800,00	2100,00
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ Na	348	4949,24	14,22	-273653,85	1071,00
Na ₂ SO ₄	142	570,84	4,02	-1384490,00	2630,00
CH ₄	16	35,00	2,19	-74850,00	0,72
O ₂	32	29,16	0,91	0,00	1,43
CO ₂	44	37,40	0,85	-393500,00	1,60
N ₂	28	28,91	1,03	*	1,25
Aire	29	29,00	3,35	*	1,20

* No se incluye la entalpía de formación porque no interviene en la reacción.

Tabla 5.4. Calor latente del agua

$\Delta H^{\circ}_f \text{H}_2\text{O}(v)$	40656 kJ/kmol
$T_{\text{H}_2\text{O}}(\text{eb.})$	100°C

Tabla 5.5 Densidad componentes secundarios

Componente	ρ (kg/m ³)
Carbonato de sodio	2540
Silicato de sodio	1440
Peroxocarbonato de sodio	1100
Cumarina	650
TAED	1080
Silicona	5000
Carboximetilcelulosa	1118

CAPÍTULO 6: CÁLCULOS DEL PROCESO

6.1. Introducción

Se realizarán balances macroscópicos de materia (BMM) y de energía (BME) en todas las etapas del proceso de fabricación de detergente en polvo, para conocer el caudal másico, volumen, diámetro tubería, área de los intercambiadores de calor del reactor 1 y reactor 2, área y altura de la torre de secado, energía y potencia a partir de una base de cálculo de 10000kg/h de detergente en polvo. Excepto la etapa de tamizado porque la relación del desecho/ producto deseado es muy baja, en consecuencia el error es muy bajo si no se tiene en cuenta los balances de materia del tamizado.

Es importante tener en cuenta el diagrama de flujo, la formulación del detergente () y las reacciones químicas del proceso general.

En el Anexo de simulación también, se encuentran estos cálculos y otros con más detalle.

6.2. Caudal másico, energía, área del intercambiador

Se calculará el caudal másico (excepto tamizado) y de energía (excepto mezclado de dilución, separador, mezclador Pasta Slurry, tamizado y mezclador detergente en polvo). También, se hallará el área del intercambiador del reactor 1 y del reactor 2.

6.2.1. Balance de materia y de energía del reactor 1

Suposiciones:

- El anhídrido sulfúrico no pasa al ácido gastado
- El ácido sulfúrico que ha salido del anhídrido tienen la misma fuerza de ácido.
- El dodecilbencenosulfonato de sodio es un 20% de materia activa del producto final.
- La relación del Oleum a dodecilbenceno es 1,1.
- La solución del Oleum y el hidróxido de sodio es del 20%.
- Un kilogramo de la solución al 20% del Oleum contiene 0,2 kg de SO₃ y 0,8 kg de H₂SO₄.
- La conversión del dodecilbenceno es del 100%.
- Se desprecia las reacciones laterales que puedan producirse en el proceso general.

Cálculo de la materia activa del DDBSO₃Na, teniendo en cuenta la suposición 3 (1.1 Anexo cálculos):

$$10000 \text{ kg} / h C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na \cdot 0,20 = 2000 \text{ kg} / h C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$$

Se considera la reacción 1.

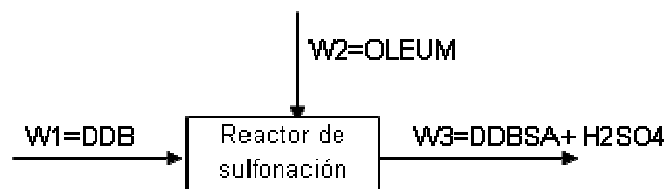


Figura 6.1. Corriente de entra y salida del Reactor 1.

- La cantidad de ácido dodecilbencenosulfónico es:

$$2000 \text{ kg} / h C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ mol} C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na}{348 \text{ g} C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na} \frac{1 \text{ mol} C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H}{1 \text{ mol} C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na} \frac{326 \text{ g} C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H}{1 \text{ mol} C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1873,56 \text{ kg} C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3H / h$$

- La cantidad de dodecilbenceno es:

$$2000 \text{ kg} / h \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na} \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ molC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}}{348 \text{ gC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}} \frac{1 \text{ molC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5}{1 \text{ molC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na}} \\ \frac{246 \text{ gC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5}{1 \text{ molC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1413,79 \text{ kgC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5 / h$$

- Los moles de dodecilbenceno son:

$$1413,79 \text{ kg} / h \text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5 \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ molC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5}{246 \text{ gC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5} \frac{1 \text{ kmol}}{1000 \text{ mol}} = 5,75 \text{ kmolC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5 / h$$

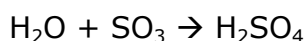
- Cantidad de Oleum experimental, teniendo en cuenta la suposición 1:

$$1,1 \cdot 1413,79 \text{ kgC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_5 / h = 1555,17 \text{ kgOleum} / h$$

- La cantidad de SO₃ requerida:

$$1873,53 \text{ kgC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H} / h \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ molC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}}{326 \text{ gC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}} \frac{1 \text{ molSO}_3}{1 \text{ molC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{H}} \\ \frac{80 \text{ gSO}_3}{1 \text{ molSO}_3} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 460 \text{ kgSO}_3 / h$$

- 1kg de 20% Oleum contenido 0,2kg de SO₃ y 0,8 de H₂SO₄:



$$0,2 \text{ kgSO}_3 + 0,8 \text{ kgH}_2\text{SO}_4 \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ molH}_2\text{SO}_4}{98 \text{ gH}_2\text{SO}_4} \frac{1 \text{ molSO}_3}{1 \text{ molH}_2\text{SO}_4} \frac{80 \text{ gSO}_3}{1 \text{ molSO}_3} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,853 \text{ kgSO}_3 \\ 0,8 \text{ kgH}_2\text{SO}_4 \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ molH}_2\text{SO}_4}{98 \text{ gH}_2\text{SO}_4} \frac{1 \text{ molH}_2\text{O}}{1 \text{ molH}_2\text{SO}_4} \frac{18 \text{ gH}_2\text{O}}{1 \text{ molH}_2\text{O}} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,147 \text{ kgH}_2\text{O} / h$$

- Agua asociada al SO₃ requerida:

$$460 \text{ kgSO}_3 / h \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \frac{1 \text{ molSO}_3}{80 \text{ gSO}_3} \frac{1 \text{ molH}_2\text{O}}{1 \text{ molSO}_3} \frac{18 \text{ gH}_2\text{O}}{1 \text{ molH}_2\text{O}} \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} \cdot 0,8 = 103,45 \text{ kgH}_2\text{O} / h$$

- Total de Oleum teórico requerido:

$$103,45 \text{ kgH}_2\text{O} / h + 460 \text{ kgSO}_3 / h = 563,45 \text{ kgOleum} / h$$

- El Oleum experimental contiene:

$$1555,17 \text{ kg Oleum} / h \cdot 0,147 = 228,52 \text{ H}_2\text{O kg} / h$$

$$1555,17 \text{ kg Oleum} / h \cdot 0,853 = 1326,66 \text{ kg SO}_3 / h$$

- Exceso de SO_3 :

$$1326,66 \text{ kg SO}_3 / h \cdot 0,853 - 460 \text{ kg SO}_3 / h = \text{kg SO}_3 / h$$

- H_2SO_4 formado:

$$866,66 \text{ kg SO}_3 / h \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol SO}_3} \cdot \frac{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4}{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1061,66 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h$$

- H_2O sobrante

$$228,52 \text{ kg Oleum} / h \cdot 0,147 - 866,66 \text{ kg SO}_3 / h \cdot \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ mol SO}_3}{80 \text{ g SO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{1 \text{ mol SO}_3} \cdot \frac{18 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 33,52 \text{ kg H}_2\text{O} / h$$

- Concentración de H_2SO_4

$$[\text{H}_2\text{SO}_4] = \frac{1061,66 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h}{1061,66 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h + 228,52 \text{ kg H}_2\text{O} / h} \cdot 100 = 97\%$$

A continuación se reflejan los datos obtenidos en la siguiente tabla:

Tabla 6.1. Caudales molares del reactor 1

	kmol/h		
Componente	1	2	3
DDB	5,75	-	-
H ₂ O	-	12,70	1,86
SO ₃	-	16,58	16,58
H ₂ SO ₄	-	-	10,83
LAS	-	-	5,75
Total	5,75	29,28	35,02

Para encontrar los valores de la tabla sólo hay que multiplicar el peso molecular de cada compuesto por su caudal másico (Ver tabla 5.3)

Para hallar el calor que se desprende o se necesita aportar, el posible agua de refrigeración y el área del intercambiador se aplicarán las fórmulas del BME.

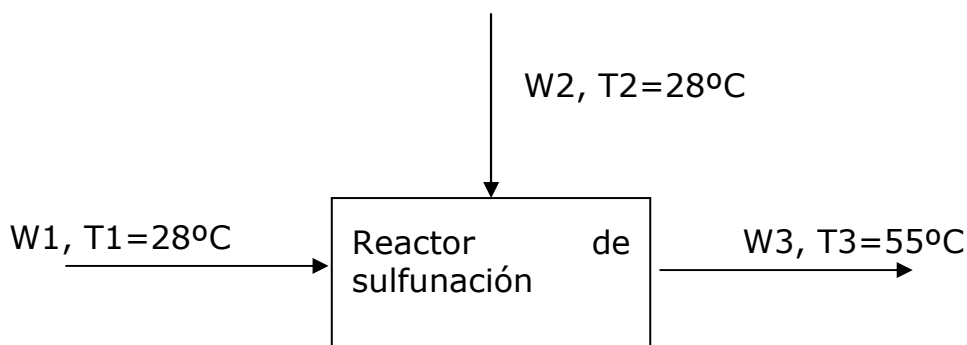


Figura 6.2. Temperaturas de entrada y salida del Reactor 1

Teniendo en cuenta la ecuación 3 y 5 del Anexo formulario el calor será:

$$\text{Calor de entrada} + \text{Entalpía de la reacción} = \text{Calor de salida} + Q$$

$$(\Sigma W_E Cp) T_{ER1} = 193915,98 \text{ kJ} / h$$

$$(\Sigma W_S Ce) T_{SR1} = 397792,75 \text{ kJ} / h$$

$$\Delta H_{R1} = -4222,02 \text{ kJ} / \text{kmol}$$

$$Q = (\Sigma W_E Ce) T_{ER1} - (\Sigma W_S Ce) T_{SR1} - \Delta H_{R1} \cdot R$$

$$R = 5,75 \text{ kmol} / h$$

$$Q = -179600,18 \text{ kJ} / h$$

El calor es negativo, es el calor desprendido por los fluidos calientes (corrientes 1, 2 y 3). Entonces, el calor que hay que refrigerar es 179600,18 kJ/h.

El fluido que se utilizará para refrigerar debe ser más frío que los anteriores, para que absorba el calor de los fluidos calientes. El fluido por excelencia es el agua. El incremento de temperatura serán 5°C. En la siguiente tabla, se indica el incremento de temperatura, la temperatura de entrada y salida.

Tabla 6.2. Temperaturas agua refrigeración

$\Delta T_{H_2O} (^{\circ}\text{C})$	5
$T_{e \text{ } H_2O} (^{\circ}\text{C})$	20
$T_{s \text{ } H_2O} (^{\circ}\text{C})$	25

Se hace un cambio de unidades (kJ a kW) porque la energía y potencia se expresa en kilovatios.

$$Q = \frac{-179600,18 \text{ kJ}}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{1kW}{\text{kJ} / s} = 49,89 \text{ kW}$$

El caudal de agua másico de refrigeración será (Ver tabla 5.3).

$$W_{H2O} = \frac{Q}{\Delta T_{H2O} \cdot C_{pH2O}} = \frac{49,89 kW}{5^{\circ}C \cdot 4,18 \frac{kJ}{kg^{\circ}C}} = 2,39 kg/s$$

Teniendo en cuenta la densidad del agua (1kg/1l) y que 60 segundos es un minuto, el caudal volumétrico será:

$$q_{H2O} = 2,39 \frac{kg}{s} \cdot \frac{1l}{1kg} \cdot \frac{60s}{1min} = 143,22 l/min$$

Ahora se determina el área del intercambiador del reactor 1 (Ver anexo 5)

El incremento de la temperatura logarítmica es (Ver anexo 5)

$$\begin{aligned}\Delta T1 &= T_{e, caliente} - T_{s, frío} \\ \Delta T2 &= T_{s, caliente} - T_{e, frío} \\ \Delta Tm &= \frac{(\Delta T1 - \Delta T2)}{\ln \frac{\Delta T1}{\Delta T2}} = 13,03^{\circ}C\end{aligned}$$

El área del intercambiador es:

$$A1 = \frac{Q}{U \cdot \Delta Tm} = \frac{49,89 kW}{0,5 \frac{kW}{m^2 \cdot ^{\circ}C} \cdot 13,03^{\circ}C} = 7,66 m^2$$

Se escoge un valor estándar para el coeficiente de transmisión de calor del agua de 0,5kW/ (m²°C) (Ver Anexo 5).

Si se mezcla el ácido dodecilbencensulfónico, el ácido sulfúrico y el hidróxido de sodio, se favorecerá la reacción de neutralización entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de sodio, formando una gran cantidad de sulfato de sodio, para controlar esta reacción de neutralización se realizan dos operaciones: dilución y separación del ácido sulfúrico.

Dilución: Se hace disminuir la concentración del ácido sulfúrico añadiendo agua hasta llegar a una solución del 76% en peso.

Separación: Antes de hacer añadir el hidróxido de sodio se separa gran parte de ácido sulfúrico diluido que se consigue gracias a la diferencia de densidad (compuesto orgánico e inorgánico).

6.2.2. Balance de materia del mezclador de dilución

La cantidad del ácido dodecilbencensulfónico a la entrada y salida de la operación del diluido es la misma. Y la cantidad del ácido sulfúrico en la solución concentrada (97%) y diluida (76%) es la misma.

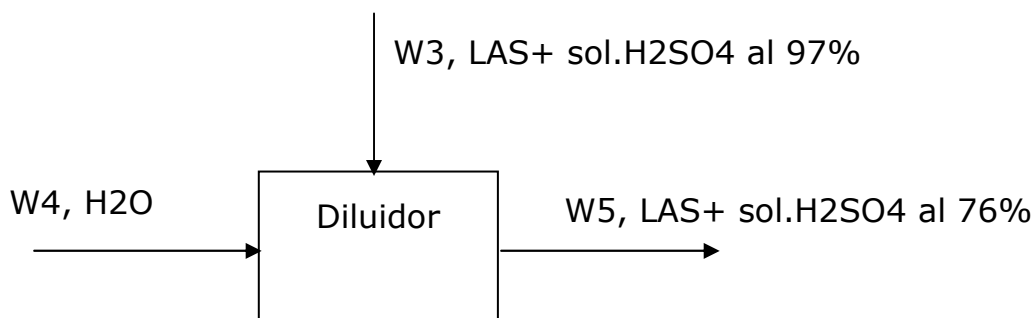


Figura 6.3. Corrientes de entrada y salida del mezclador de dilución

Por lo tanto, el agua para diluir el ácido sulfúrico es:

- Fracción molar de ácido sulfúrico:

$$\chi_{H_2SO_4} = \frac{\frac{1061,66 \text{ kg/h}}{98 \text{ kg/kmol}}}{\frac{1061,66 \text{ kg/h}}{98 \text{ kg/kmol}} + \frac{33,52 \text{ kg/h}}{18 \text{ kg/h}}} = 0,38$$

- Caudal de la solución diluida:

$$10,83 \text{ kmol } H_2SO_4 / h \cdot \frac{1}{0,38} = 28,85 \text{ kmol Sol. } H_2SO_4 / h$$

- H₂O en la corriente diluida

$$28,85 \text{ kmol Sol. } H_2SO_4 / h \cdot (1 - 0,38) = 18,02 \text{ kmol } H_2O / h$$

- H₂O necesaria para la dilución

$$18,02 \text{ kmol } H_2O / h \cdot \frac{18 \text{ kg } H_2O}{1 \text{ kmol } H_2O} - 33,52 \text{ kg } H_2O / h = 290,80 \text{ kg } H_2O / h$$

Tabla 6.3. Caudales molares del mezclador de dilución.

	kmol/h		
Componente	3	4	5
C ₁₂ H ₂₅ C ₆ H ₄ SO ₃ H	5,75	-	5,75
H ₂ SO ₄	10,83	-	10,83
H ₂ O	1,86	16,16	18,02
Total	18,45	16,16	34,60

Para encontrar los valores de la tabla sólo hay que multiplicar el peso molecular de cada compuesto por su caudal másico (Ver anexo 5)

6.2.3. Balance de materia del separador

No hay suficientes datos para encontrar los caudales de salida del separador, por eso, no se realiza ningún cálculo pero se pueden encontrar mediante el BMM del reactor 2.

6.2.4. Balance de materia y de energía del reactor 2

Suposiciones:

- Se desprecia el caudal de recirculación del tamizado al mezclador de la Pasta slurry.
- Se desprecia el calor de dilución.
- Las temperaturas de entradas y salidas son valores estimados de otros proyectos del mismo tipo.
- Se escoge un valor estándar para el coeficiente de transmisión de calor del agua de 0,5kW/ (m²°C).

A continuación, se hallan las corrientes, 6, 7,8 y 9.

W5= LAS y sol. H₂SO₄
al 76%

WH₂SO₄,5=
1601,66kg/h

WH₂O,5=324,31kg/h

WLAS,5=1873,56 kg/h

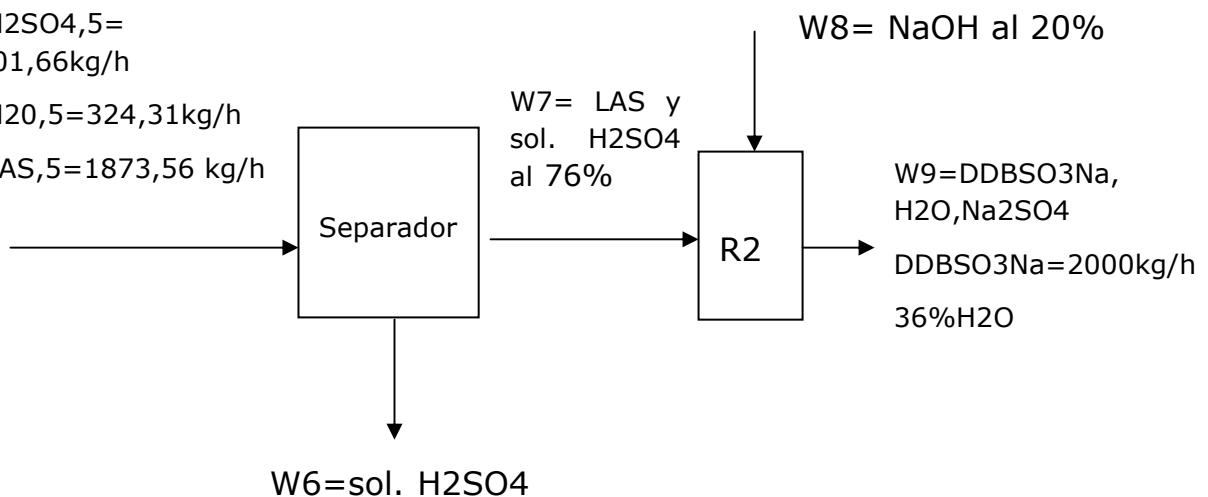


Figura 6.4. Corrientes de entrada y salida del reactor 2

Se considera la reacción 2.

- Cantidad estequiométrica de NaOH sabiendo la cantidad del LAS:

$$5,75 \text{ kmol LAS} / h \cdot \frac{2 \text{ kmol NaOH}}{1 \text{ kmol LAS}} \cdot \frac{40 \text{ kg NaOH}}{61} = 229,89 \text{ kg NaOH} / h$$

- Solución al 20% de NaOH asociada

$$\frac{229,89\text{kgNaOH}}{(20/100)} = 1149,43\text{kgSol.NaOH} / h$$

- H₂O asociada

$$1149,43\text{kgSol.NaOH} / h \cdot \frac{(100 - 20)}{100} = 919,54\text{kgH}_2\text{O} / h$$

47. H₂O producida

$$229,89\text{kgNaOH} / h \cdot \frac{1\text{kmolNaOH}}{40\text{kgNaOH}} \cdot \frac{2\text{molH}_2\text{O}}{2\text{molNaOH}} \cdot \frac{18\text{kgH}_2\text{O}}{1\text{kmolH}_2\text{O}} = 103,45\text{kgH}_2\text{O} / h$$

- Total de agua

$$103,45\text{kgH}_2\text{O} / h + 919,54\text{kgH}_2\text{O} / h = 1022,99\text{kgH}_2\text{O} / h$$

- Cantidad H₂O total (considerando reacción 2 y 3) sabiendo que hay un 36% de peso H₂O del producto de salida.

$$\frac{\text{kgH}_2\text{O} / h}{2000\text{kgC}_{12}\text{H}_{25}\text{C}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{Na} / h + \text{kgH}_2\text{O} / h} \cdot 100 = 36\%$$

- Aislando la cantidad de agua

$$1448,28\text{kgH}_2\text{O} / h$$

- Cantidad de H₂O que no interviene en la reacción 2.

$$1448,28\text{kgH}_2\text{O} / h - 1022,99\text{kgH}_2\text{O} / h = 425,29\text{kg} / h$$

La cantidad de agua de la reacción 3 (agua solución ácido sulfúrico, de la solución de hidróxido de sodio y producida) es 425,29kg/h.

Se considera la reacción 3

Se busca porcentaje del sulfato de sodio para que la cantidad total de la reacción 3 sea 425,29kg/h mediante iteración y con la función solver del Microsoft Office (ver anexo de simulación). El valor encontrado es 4%.

- DDBSO3Na húmedo

$$1448,28kgH_2O/h + 2000kgC_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na/h = 3448,28kgC_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na(ac.)/h$$

- Caudal de salida del reactor

$$\frac{3448,28kgC_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na(ac.)/h}{\frac{100-4}{100}} = 3604,75kgC_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na/h$$

- Cantidad de Na2SO4

$$3604,75kgC_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na(ac.)/h \cdot \frac{4}{100} = 156,48kgNa_2SO_4/h$$

- H2O producida

$$156,48kgNa_2SO_4/h \cdot \frac{1kmolNa_2SO_4}{142kgNa_2SO_4} \cdot \frac{2kmolH_2O}{1kmolNa_2SO_4} \cdot \frac{18kgH_2O}{1kmolH_2O} = 39,67kgH_2O/h$$

- NaOH estequiométrica

$$39,67kgH_2O/h \cdot \frac{1kmolH_2O}{18kgH_2O} \cdot \frac{2kmolNaOH}{2kmolH_2O} \cdot \frac{40kgNaOH}{1kmolNaOH} = 88,16kgNaOH/h$$

- Solución de NaOH al 20%

$$\frac{88,16kg/h}{\frac{100-20}{100}} = 440,79kgSol.NaOH/h$$

- Cantidad de H2O en la solución de NaOH

$$440,79kgSol.NaOH/h \cdot \frac{100-20}{100} = kg/H_2O$$

- Cantidad de H2SO4

$$156,48 \text{ kg Na}_2\text{SO}_4 / h \frac{1 \text{ kmol Na}_2\text{SO}_4}{142 \text{ kg Na}_2\text{SO}_4} \frac{1 \text{ kmol H}_2\text{SO}_4}{98 \text{ kg H}_2\text{SO}_4} = 107,99 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h$$

- Solución de H₂SO₄ al 76%

$$\frac{107,99 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h}{\frac{76}{100}} = 140,98 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h$$

- H₂O asociada

$$140,98 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h \frac{100 - 76}{100} = 32,99 \text{ kg H}_2\text{O} / h$$

- H₂O total teniendo en cuenta la reacción 3.

$$39,67 \text{ kg H}_2\text{O} / h + 352,63 \text{ kg H}_2\text{O} / h + 32,99 \text{ kg H}_2\text{O} / h = 425,29 \text{ kg H}_2\text{O} / h$$

Entonces,

- Cantidad de H₂SO₄ que se separa

$$1061,66 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h - 107,99 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h = 953,67 \text{ kg H}_2\text{SO}_4 / h$$

- Cantidad de H₂O que se separa

$$324,31 \text{ kg H}_2\text{O} / h - 32,99 \text{ kg H}_2\text{O} / h = 291,32 \text{ kg H}_2\text{O} / h$$

- Cantidad total de NaOH

$$229,89 \text{ kg NaOH} / h + 88,16 \text{ kg NaOH} / h = 318,05 \text{ kg NaOH} / h$$

- Cantidad de H₂O total en NaOH

$$919,54 \text{ kg H}_2\text{O} / h + 352,63 \text{ kg H}_2\text{O} / h = 1272,17 \text{ kg H}_2\text{O} / h$$

- Cantidad de H₂O total producida

$$103,45 \text{ kg H}_2\text{O} / h + 39,67 \text{ kg H}_2\text{O} / h = 143,12 \text{ kg H}_2\text{O} / h$$

Tabla 6.4. Caudales molares del separador y reactor 2

Componente	kmol/h				
	5	6	7	8	9
LAS	5,75	-	5,75	-	-
DDBSO ₃ Na	-	-	-	-	5,74712644
NaOH	-	-	-	7,95	-
Na ₂ SO ₄	-	-	-	-	1,10
H ₂ SO ₄	10,83	9,73	1,10	-	-
H ₂ O	18,02	16,18	1,83	70,68	80,46
Total	34,60	25,92	8,68	78,63	87,31

Para encontrar los valores de la tabla sólo hay que multiplicar el peso molecular de cada compuesto por su caudal másico (Ver anexo 5).

Para hallar el calor que se desprende o se necesita aportar, la posible agua de refrigeración y el área del intercambiador se aplicarán las fórmulas del BME.

W₅ = LAS y sol. H₂SO₄
al 76%

WH₂SO_{4,5} = 1601,66 kg/h

WH₂O,5 = 324,31 kg/h

WLAS,5 = 1873,56 kg/h

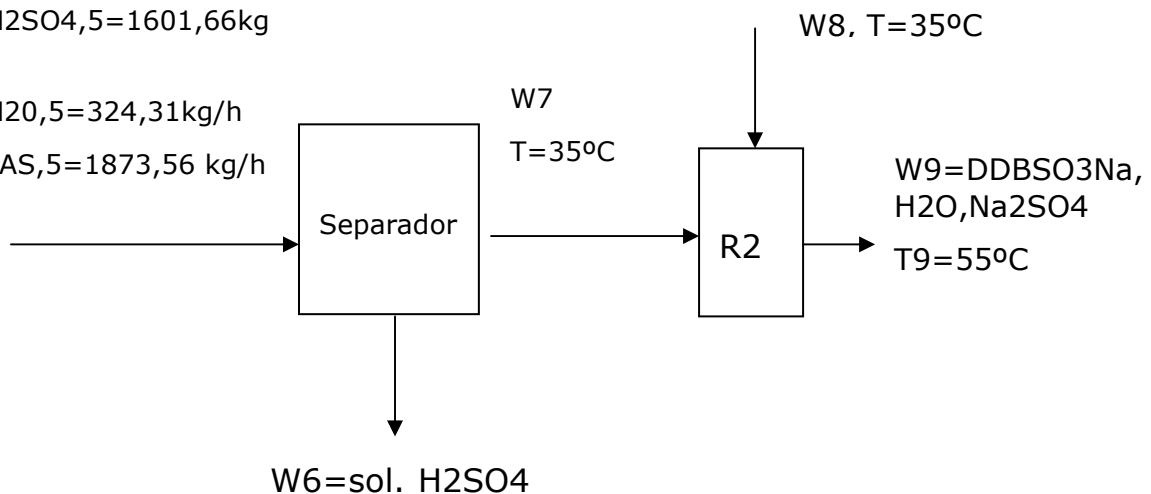


Figura 6.5. Temperaturas de entrada y salida del reactor 2

Se determina el calor de la reacción según las ecuaciones del anexo 5.

- El calor de la reacción 2 es:

$$(\sum W_E C_e) T_{ER2+R3} = -6175506,97 \text{ kJ/h}$$

$$(\sum W_S C_e) T_{SR2+R3} = -12872,41 \text{ kJ/h}$$

$$\Delta H_{R2} = -132240,00 \text{ kJ/kmol}$$

$$\Delta H_{R3} = -1093726,73 \text{ kJ/kmol}$$

$$Q = (\Sigma W_E Ce) T_{ER2,3} - (\Sigma W_S Ce) T_{SR2,3} - \Delta H_{R2} \cdot R2 - \Delta H_{R3} \cdot R3$$

$$R_2 = 5,75 \text{ kmol/h}$$

$$R_3 = 1,10 \text{ kmol/h}$$

$$Q = -4224900,00 \text{ kJ/h}$$

Como el signo del calor hallado es negativo, es el calor desprendido por los fluidos calientes (corrientes 7, 8 y 9) es 4224900,00 kJ/h. Entonces, el calor que hay que refrigerar es 4224900,00 kJ/h. El fluido frío será agua.

Como normalmente la energía se expresa en kW (un kW son 1kJ), se hace un factor de conversión para cambiar las unidades del calor desprendido de la reacción 2.

- El calor en kilowatios es:

$$Q = \frac{4224900,00 \text{ kJ}}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{1kW}{kJ/s} = 1173,58 \text{ kW}$$

Tabla 6.6. Temperaturas agua refrigeración

$\Delta T_{H2O} (^{\circ}C)$	5
$T_{e, H2O} (^{\circ}C)$	20
$T_{s, H2O} (^{\circ}C)$	25

- Caudal másico y volumétrico del agua es

$$W_{H2O} = \frac{Q}{\Delta T_{H2O} \cdot C_{pH2O}} = \frac{1173,58 \text{ kW}}{5^{\circ}C \cdot 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^{\circ}C}} = 56,15 \text{ kg/s}$$

$$q_{H2O} = 56,15 \frac{\text{kg}}{s} \cdot \frac{1l}{1\text{kg}} \cdot \frac{60s}{1\text{min}} = 3369,14 \text{ l/min}$$

Ahora se determina el área del intercambiador del reactor 1 (Ver anexo 5).

El incremento de la temperatura logarítmica es (Ver anexo 5.)

$$\Delta T1 = T_{e, caliente} - T_{s, frío}$$

$$\Delta T2 = T_{s, caliente} - T_{e, frío}$$

$$\Delta T_m = \frac{(\Delta T1 - \Delta T2)}{\ln \frac{\Delta T1}{\Delta T2}} = 15,42^{\circ}C$$

- Área del intercambiador del reactor 2 es:

$$A2 = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_m} = \frac{1173,58 \text{ kW}}{0,5 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2 \cdot ^{\circ}C} \cdot 15,42^{\circ}C} = 152,25 \text{ m}^2$$

- Balance de materia del mezclador 1

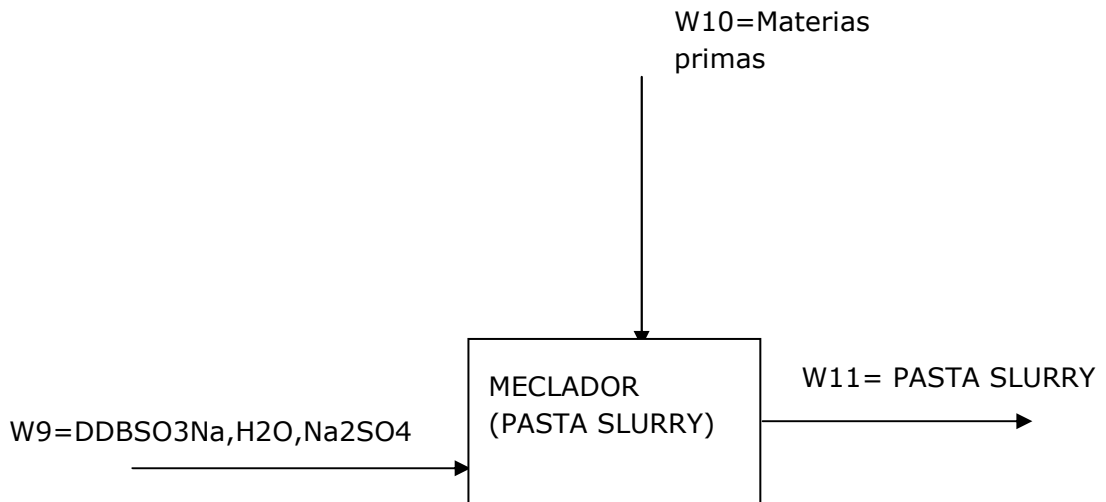


Figura 6.5. Corrientes de entrada y salida del mezclador 1

A partir de la ley de conservación de masa y de la formula del detergente (), se encuentran los caudales máscicos de la corrientes y de cada componente.

Tabla 6.7. Corrientes de entrada y salida del mezclador 1 (Pasta Slurry)

Componente	kg/h		
	9	10	11
DDSO3Na	2000,00	-	2000
H2O	1448,28	-	1448,28
Na2SO4	156,48	1343,52	1500
Carbonato de sodio	-	1500	1500
Silicato de sodio	-	1500	1500
Percarbonato de sodio	-	2000	2000
Sustancia óptica	-	120	120
TAED	-	80	80
Silicona	-	40	40
Carboxilmetilcelulosa	-	200	200
Total	3604,75	6783,52	10388,28

Se observa que no se ha incluido ni las enzimas ni el perfume porque se desnaturalizarían al pasar por el secador perdiendo sus propiedades debidas al calor del aire para secar la Pasta Slurry y formar polvo.

También, se observa que la columna de la corriente 11 está resaltada en amarilla excepto el agua que está resaltada en verde. El amarillo indica que proviene de una formulación fija (ver) y el verde indica que no es la cantidad de agua de la formula del detergente en polvo.

6.2.5. Balance de materia y de energía de la torre de atomización

Los caudales másicos de las corrientes de entrada y salida y el calor de la torre de atomización se determinan de una forma sencilla, porque no interviene ninguna reacción y no se ha tenido en cuenta la humedad del aire.

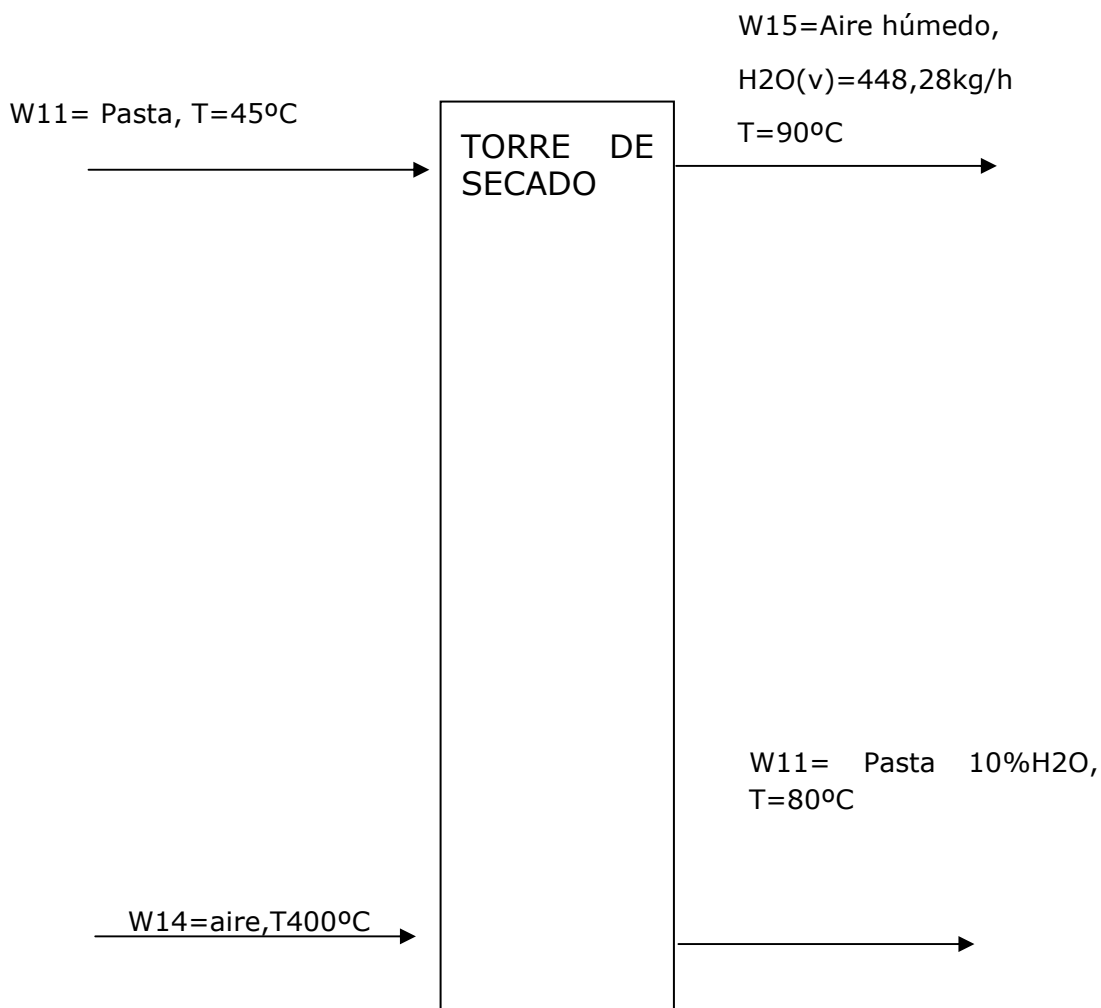


Figura 6.7. Corrientes de entrada y salida del secador

Los caudales másicos se han hallado con la ley de conservación de la masa.

Tabla 6.8. Caudales máxicos del secador.

		Kg/h		
Componente	11	14	15	16
Detergente	8950,00	-	-	8950,00
H ₂ O	1448,28	-	448,28	1000
Aire	-	3675,91	3675,91	-
Total	10388,28	3675,91	4124,19	9950

6.2.6. Balance de materia de la reacción de combustión

Suposiciones:

- Por cada tonelada de detergente en polvo entran 30m³/h de CH₄.
- El aire sólo contiene un 79% de N₂ y un 21% de O₂, además entra con un exceso del 20%.
- Para calentar el aire se utiliza, el combustible gas natural y se supone que contiene el 100% de CH₄ y la reacción es completa.
- El aire que entra para quemar el CH₄ y el aire que entra en el secador es la misma cantidad.

Para calentar el aire se realiza mediante el contacto del calor generado de una reacción de combustión (exotérmica).

Para producir calor con un combustible, se necesita el combustible, el comburente y un activador. El combustible será el gas natural, el comburente será el oxígeno que contiene el aire (composición del aire suposición 14) y el activador será una llama.

El combustible es gas natural y se supone que contiene el 100% de CH₄ y la reacción es completa (según suposición 15 1.1 introducción). También, se supone que entran 30m³CH₄/Tdetergente en polvo (ver suposición 13).

Una vez quemado el combustible, se filtran los gases de salida y se condensa el agua para recolectarla y llevarla al depósito de agua para la limpieza de los equipos o agua de refrigeración.

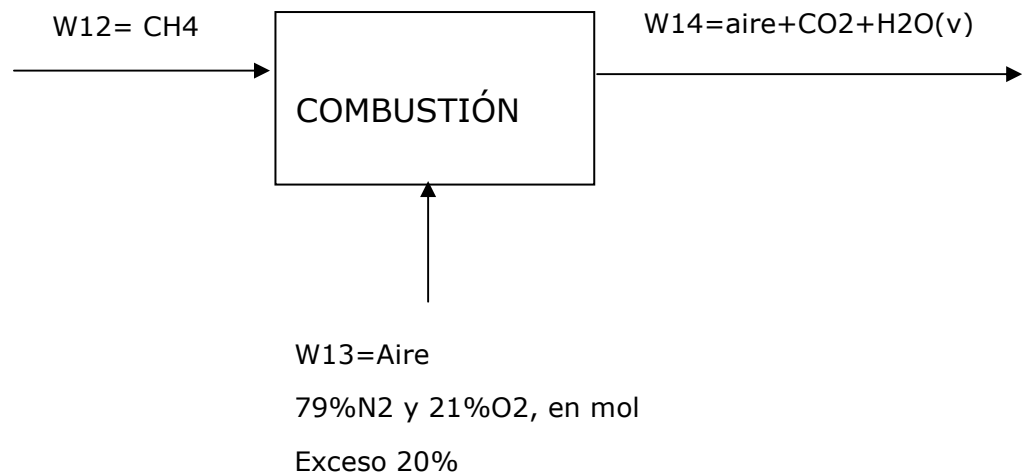
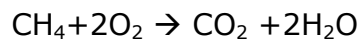


Figura 6.7. Corrientes reacción de combustión.

Se considera la reacción de combustión:



BASE DE CÁLCULO: 30m³CH₄/Tdetergente en polvo y 10Tdetergente en polvo/h

- El caudal volumétrico de metano será

$$q_{\text{CH}_4} = 30 \frac{\text{m}^3}{\text{T detergente}} 10 \text{T detergente} = 300 \text{m}^3 / \text{h}$$

- Cantidad de CH₄

$$\begin{aligned} \rho_{\text{CH}_4} &= 0,717 \text{kg} / \text{m}^3 \\ BMM_{\text{CH}_4} \\ 0 &= W_{12, \text{CH}_4} - R \\ W_{12, \text{CH}_4} &= 300 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \frac{0,717 \text{kg}}{1 \text{m}^3} = 13,44 \text{kmol} / \text{h} = R \end{aligned}$$

- Cantidad de O₂ estequiométrico

$$13,44 \frac{\text{kmolCH}_4}{\text{h}} \frac{2 \text{kmolO}_2}{1 \text{kmolCH}_4} = 26,89 \text{kmolO}_2 / \text{h}$$

- Cantidad de O₂ entrada

$$\begin{aligned} \text{O}_{2, \text{estequiométrico}} &= 2R \\ 20\% \text{aireexceso} &= \frac{W_{13, \text{O}_2} - 2R}{2R} \Rightarrow W_{13, \text{O}_2} = 32,27 \text{kmol} / \text{h} \end{aligned}$$

- Cantidad de O₂ sale

$$BMMO_2$$

$$0 = W_{13,O_2} - W_{14,O_2} - 2R$$

$$W_{14,O_2} = 5,38 \text{ kmol/h}$$

- Aire que entra

$$W_{\text{aire}} = \frac{W_{13,O_2}}{\chi_{O_2}} = 153,64 \text{ kmol/h}$$

- Cantidad de N₂ a la salida y a la entrada (el nitrógeno no interviene en la reacción).

$$W_{13,N_2} = W_{14,N_2} = W_{\text{aire}} \cdot \chi_{N_2} = 153,64 \text{ kmol/h}$$

- Cantidad de CO₂

$$BMMCO_2$$

$$0 = -W_{14,CO_2} + R$$

$$W_{14,CO_2} = R = 13,44 \text{ kmol/h}$$

- Cantidad de H₂O

$$BMMH_2O$$

$$0 = -W_{14,H_2O} + 2R$$

$$W_{14,H_2O} = 2R = 26,89 \text{ kmol/h}$$

Tabla 6.9. Caudales molares de la reacción de combustión.

Componente	kmol/h		
	12	13	14
CH ₄	13,44	-	-
O ₂	-	26,89	5,38
N ₂	-	121,38	121,38
H ₂ O	-	-	26,89
CO ₂	-	-	13,44
Total	13,44	148,27	167,09

No se calcula este calor porque no es uno de los objetivos principales del apartado de los cálculos, pero se calcula en el Anexo de simulación.

El aire de entrada para que se produzca la combustión y el aire de entrada del secador es la misma cantidad.

6.3. Dimensionado de la torre de secado

Para dimensionar la torre de secado se necesitan los siguientes parámetros: diámetro y altura.

6.3.1. Diámetro d del secadero

El caudal de aire molar hallado en la reacción de combustión pasándolo a caudal másico con la ayuda del anexo 5 es $W_g = 4455,64$ kg aire /h y considerando un caudal másico por área de $G = 340,39$ kg / (m^2h). El diámetro será:

$$W_g = G \cdot S = G \cdot \pi \cdot \frac{d^2}{4}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot W_g}{\pi \cdot G}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4455,64 \frac{kg_{aire}}{h}}{\pi \cdot 340,39 \frac{kg}{m^2h}}} = 4,08m$$

$$S = \pi \cdot \frac{(4,08m)^2}{4} = 3,21m^2$$

6.3.2. Altura de L del secado

En general, la relación de la altura o longitud (L) de una torre de secado y su diámetro es:

$$\frac{L}{d} = 5$$

Entonces, la longitud de torre de secado en general es:

$$L = 5 \cdot d = 20,4m$$

El diámetro son 4,08 m y la altura son 20,4m. Estos valores se pueden dar como válidos porque Henkel de Montmeló produce 5 toneladas más a la hora que esta fábrica, su torre de secado son 5 metros y su altura son 30 metros.

Por lo tanto la relación de la empresa Henkel de Montmeló es:

$$\frac{L}{d} = 5,45$$

Por lo tanto, la relación se puede considerar correcta.

6.3.3. Balance de materia del mezclador 2

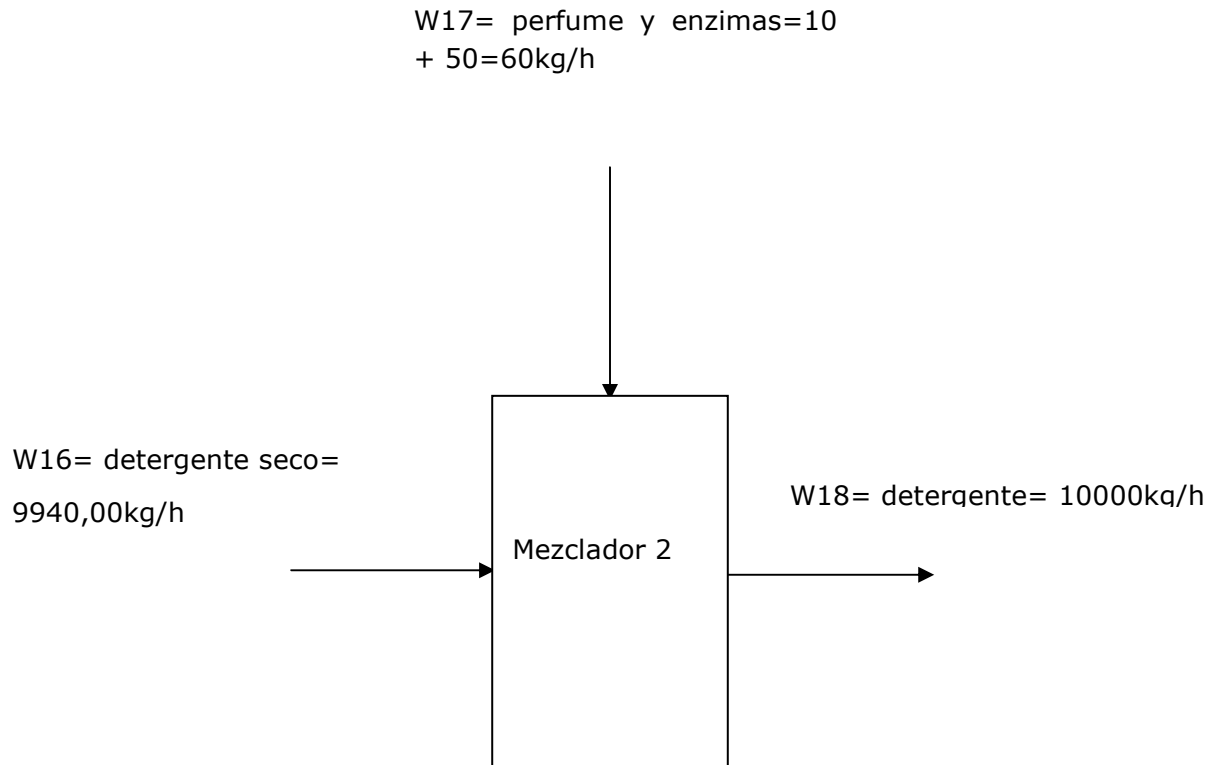


Figura 6.9. Corrientes de entrada y salida del mezclador 2

Como se conocen las corrientes 16,17 y 18 de cada componente:

$$W18=W17+W16$$

$$W16=9940\text{kg/h}$$

$$W17=50\text{kg/h}$$

$$W18=10000\text{kg/h}$$

Se puede hallar fácilmente los caudales máscos totales de cada corriente:

Tabla 6.10. Caudales máscos del mezclador 2

	kg/h		
Componente	16	17	18
Detergente seco	9940	-	9940
Perfume	-	10	10
Enzimas	-	50	50
Total	9940	60	10000

CAPÍTULO 7: SIMULACIÓN

Es una simulación realizada con el Excel 2003 de todos los cálculos posibles que tienen que ver con el dimensionado de la fábrica.

Este anexo se encuentra en el CD.

CAPÍTULO 8: FICHAS TÉCNICAS

A continuación se adjuntan las fichas técnicas relacionadas con este proyecto.

ÍNDICE PLANOS

PLANO 1-5: UBICACIÓN FÁBRICA.....	2
PLANO 2-5: SITUACIÓN FÁBRICA.....	3
PLANO 3-5: PLANTA GENERAL	4
PLANO 4-5: DETALLE DEL PROCESO DE FABRICACIÓN	5
PLANO 5-5: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO	6

CAPÍTULO 1:

UBICACIÓN FÁBRICA

CAPÍTULO 2:SITUACIÓN FÁBRICA

CAPÍTULO 3: PLANTA GENERAL

CAPÍTULO 4: DETALLE DEL PROCESO

CAPÍTULO 5: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO

